DIE NATURWISSENSCHAFTEN

20. Jahrgang | 1. Juli 1932 | Heft 27

Siegfried Czapski zum Gedächtnis.

(* 28. Mai 1861, † 29. Juni 1907.)

Wenn man an die Zeit vor fünfundzwanzig Jahren zurückdenkt und erkennt, wie schnell die Erinnerung an den hohen Beamten der Stiftung, den mächtigen Mitleiter des Zeiss-Werkes, den angesehenen Bürger der Stadt verblaßte, so wird man zur Bescheidenheit geführt. Aber ob auch alle äußerlichen Ehren abfielen, gleichwie man einem Toten in sein letztes Bette keinen Kleiderprunk mitgibt, so bleibt manches von ihm doch in der Erinnerung, und wohl wird es sich lohnen nachzufragen, was das war und welche Bedeutung es für die Zukunft hatte.

Nicht die Erfindungsgabe für die technische Optik steht bei ihm an erster Stelle, sondern seine Wirksamkeit als Lehrer ist es gewesen, die sein Gedächtnis bewahrt: er hat es sich gleich vom Anfang seiner Tätigkeit an zur Aufgabe gemacht, das von Ernst Abbe errichtete Lehrgebäude den Physikern zugänglich zu machen.

Man vergegenwärtige sich nur, daß Abbe, an sich dem Veröffentlichen abhold, um das Ende des Jahres 1885, da Czapski in Jena seinen dauernden Wohnsitz nahm, durch Arbeiten am Mikroskop (die Einführung der homogenen Immersion, die Berechnung der Apochromate, die Darlegung seiner Lehre vor seinen Londoner Freunden) und durch die Sorge um das Glaswerk völlig beansprucht wurde. Gewiß hat er regelmäßig Vorlesungen auch über Teile seines Lebenswerkes gehalten, aber die Universität Jena war damals sehr klein, und in den schwach besuchten Vorlesungen mögen nur wenige Körner seiner Saat aufgekeimt sein. Wenn er keinen hingebungsvollen Jünger mit der Gabe anschaulicher Darstellung fand, so konnte es mit seiner Lehre leicht ebenso gehen wie mit dem noch umfassender angelegten Bau des älteren Fachmannes L. J. Schleiermacher († 1842). Ohne einen solchen Künder wäre vielleicht auch die Lehre Abbes erst spät — bei Schleiermacher geschah das nicht vor dem letzten Viertel eines Jahrhunderts — von einem glückhaften Geschichtsforscher und zu einer Zeit aufgegraben worden, da möglicherweise ein anderer Gelehrter seinen Bau einer technischen Optik errichtet und die Menge seiner Schüler in ihm verteilt hätte.

Daß das nicht geschah, sondern daß es etwas gibt wie eine Jenaer Schule, daß Abbe nicht allein gewürdigt wird als der Erbauer wissenschaftlich geplanter Mikroskopobjektive, weltweit verbreiteter Handfernrohre und anderer optischer Geräte, sondern daß man unwidersprochen mit seinem Wirken einen neuen Abschnitt in der Lehre von den optischen Geräten beginnen lassen kann, das ist in erster Linie Siegfried Czapskis Verdienst. Sehen wir zu, wie es dabei herging.

Schon oben war davon die Rede gewesen, wie Abbe beim Eintritt seines hauptsächlichsten Schülers von wichtigen Aufgaben sehr verschiedener Art umgeben war und sich einigen davon, soweit eben Veröffentlichungen in Frage kamen, nur widerwillig hingab. Der junge Helfer — Czapski stand damals im fünfundzwanzigsten Lebensjahre — wird es bei aller Freundlichkeit und Zuneigung Abbes nicht eben leicht gehabt haben, sich eine gründliche Kenntnis von dessen Lebenswerk zu verschaffen. Er sagt es am Schluß seines Vorworts vom März 1893 mit deutlichen Worten: „Was jedoch diese Darstellung selbst betrifft, so brachten es die Verhältnisse mit sich, daß ich trotz stetem persönlichen Verkehr mit diesem meinem verehrten Lehrer und Freunde kaum mehr als den allgemeinen Plan und Gang derselben mit ihm besprechen konnte, die Ausführung im einzelnen aber mir allein oblag und ihm noch heute kaum zu Gesicht gekommen ist. Ich befinde mich also in der Lage, daß ich jedes *Verdienst* um den Inhalt des Dargestellten durchaus *ablehnen*, die *Verantwortung* für die Richtigkeit und angemessene Form *ganz auf mich nehmen muß*."

Wohl nur einer der persönlichen Helfer Abbes kann es diesen Worten voll nachfühlen, wie schwer es hielt, wenn es nicht gar unmöglich war, den Meister über frühere, nunmehr überwundene Stufen der Entwicklung seines Werkes zu befragen, wenn ihn neue Aufgaben beschäftigten. In der Lust am Neuschaffen ging er dann so vollständig auf, daß er Fragen nach dem Alten und Abgelegten unwillig zurückwies. Und nun gar den Versuch, ihm die Form einer Darstellung zur Beurteilung vorzulegen, erkannte man bald als ein Unterfangen, das von vornherein zum Mißlingen verurteilt war.

Berücksichtigt man, daß der erste Teil der Czapskischen Darstellung in dem Winkelmannschen Handbuch der Physik — dieses Sammelwerk sollte eben Abbes Gedanken eine weite Verbreitung schaffen — 1891 erschien, so erhält man eine deutliche Vorstellung von der Arbeitslast, die auf die jungen Schultern drückte. Czapski wohnte, wie gesagt, nicht vor Ende 1885 dauernd in Jena, also standen ihm erst vom Anfang des Jahres 1886 ab für seine große Aufgabe die Stunden zur Verfügung, die ihm seine Dienstespflichten frei ließen. Umfangreiche Nachforschungen für Vorgängerschaften in Lehre und in Anwendung waren unerläßlich, aber um so schwieriger, als auf manchen Gebieten alle Vorarbeiten

fehlten. Man kann sich wirklich nicht wundern, daß die Arbeit auf dem jungen Verfasser lastete und daß er gelegentlich den Herausgeber um Geduld und Nachsicht bitten mußte.

Manche Leser der Naturwissenschaften werden es wissen, welch glänzende Aufnahme dem Buche beschieden war: die berufensten Richter erkannten es an, daß hier wirklich die Tore weit geöffnet waren für eine neue Lehre von den Optischen Instrumenten. Und wenn sich hier und da bei Einzelheiten Anstände erhoben haben, so erfreut sich das Werk im ganzen noch allgemeiner Wertschätzung; es ist vorläufig nicht abzusehen, daß die letzte Auflage, Czapski-Eppensteins Grundzüge, durch eine neue, ebenso umfassende, aber grundsätzlich anders angelegte Darstellung ersetzt werden könnte.

Es ist verständlich, daß die Jenaer Schule in Dankbarkeit des gerade vor einem Vierteljahrhundert abgerufenen Mannes gedenkt, ohne dessen Tätigkeit sie nicht ins Leben getreten wäre.

Moritz v. Rohr.

Die Erkenntnis von dem wahren Wesen des Lichtbildes und ihr Einfluß auf das Verständnis für die optischen Geräte im allgemeinen.

Von Moritz v. Rohr, Jena.

Die Vorgeschichte der Bildkammer als Einleitung 496
Die allmähliche Entwicklung des Verständnisses für das Lichtbild 497
Die Jahre der Anfangszeit von 1840—1857 . . . 497
Die Jahre bewußter Vervollkommnung von 1857 bis etwa zu 1874 498
Die Schulung in den englischen Arbeitsgesellschaften 498
Die Behandlung der Strahlenbegrenzung durch E. Abbe im Jahre 1871 500
Die Jahre gänzlicher Teilnahmlosigkeit bis zu 1897 hin 500

Die Vorgeschichte der Bildkammer als Einleitung.

Unsere heutige Aufnahme- oder Bildkammer ist in allmählicher Entwicklung etwa seit dem Ende der dreißiger Jahre des 19. Jahrhunderts aus dem als Zeichenhilfe dienenden *Dunkelzelt* oder *-kasten* hervorgegangen, Einrichtungen, die man jedenfalls schon um den Ausgang des 17. Jahrhunderts (5) 11 in dieser Weise zu verwenden begonnen hatte. Eine ganze Menge von Einzelheiten zur Entwicklung solcher Zeichenkästen ist an der angegebenen Stelle zu finden, wenngleich dort von Vollständigkeit freilich keine Rede sein kann. Man wird sich wohl vorstellen müssen, daß der Zeichenkasten erst sehr allmählich in weiteren, wohl nie in ganz weiten Kreisen in Gebrauch kam, denn er hatte Angriffen von zwei verschiedenen Grenzgebieten Widerstand zu leisten.

Im Hinblick auf die Genauigkeit (der Vermeidung der Verzeichnung) treten ihm lange die Zielgeräte entgegen, die die wahre Richtung einzelner ausgewählter, schmächtiger Strahlenbündel festlegten. Solche Zielgeräte sind schon unter den Dürerschen Zeichenhilfen von 1521 vorhanden; sie finden ihre glücklichste Ausbildung unter dem Namen der *Szenographen*, wofür ein schönes Beispiel (5) 11 in dem Gerät von 1652 nach J. Fr. Niceron mitgeteilt wurde. Es sei bemerkt, daß noch 65 Jahre danach wirksame Verbesserungen an diesem Muster angebracht wurden, was auf eine nicht ganz geringe Verwendung der alten Vorkehrung durch die Fachleute schließen läßt.

Andere weiter unten zu besprechende Geräte sollten das Arbeiten im Dunklen vermeidbar machen, das ja in allen Fällen umständliche Vorkehrungen, wie oben das Dunkelzelt, erforderte, daneben aber auch über die Mittel der Abbildung in einer recht günstigen Weise verfügte. Denn da der Zeichner, um deutlich zu sehen, natürlich einen bestimmten Mindestabstand (sagen wir etwa 30 cm) von der Zeichenfläche brauchte, so konnte man bei dem beliebten Zeichenzelt (5) 13, Abb. 7, mit der Brennweite der Aufnahmelinse unmöglich unter diesen Betrag heruntergehen, ja man wählte sie bei der üblichen Anlage dieser Zeichenhilfen in der Regel wohl noch merklich länger.

Eine schöne Schilderung eines solchen tragbaren, immerhin ungefügen Dunkelkastens findet sich nach (5) 15 in Goethes Wahlverwandtschaften (II. Teil, 10. u. 11. Kap.), und man muß ferner aus verschiedenen diese Zeichenhilfen behandelnden Schriften von dem Vater und dem Sohne Chevalier um 1820, 1823 und um 1833 schließen, daß in jener Zeit ein Geschäft mit solchen Geräten zu machen war. Hatte doch auch L. Daguerre [Z. ophthalm. Opt. **19**, 111, 139 (1931)] bereits vor dem Ende des Jahres 1829 ein solches verfeinertes Gerät von V. Chevalier erworben, und H. F. Talbot arbeitete ebenfalls an der Verwirklichung seines Gedankens, durch chemische Mittel das reizvolle Bild auf der Zeichenfläche eines ähnlichen Hilfsgeräts festzuhalten.

Daß in unserm Sprachgebiete gegen den Anfang des 19. Jahrhunderts nicht auch wie in Frankreich und England Bestrebungen auftraten, das Bild in der Zeichenhilfe gleichsam auf die Grundfläche zu bannen, mag man mit (5) 15 möglicherweise aus der Enge der Wirtschaftsverhältnisse zu erklären versuchen, die es zu einer Verwertung der Dunkelkammer als Zeichenhilfe bei uns eben nicht häufig kommen ließ.

Aber wenn mithin auch die photochemische Seite der Aufgabe in unserm Vaterlande nicht mit Erfolg gefördert wurde, so muß doch einer, natürlich französisch abgefaßten, schönen Arbeit aus den alten Berliner Akademieberichten gedacht werden, von der in (4) 301 die Rede gewesen ist.

Hier hat sich J. H. Lambert in einer für den Gegenstand dieser Darstellung besonders wichtigen Weise mit dem Eindruck beschäftigt, der durch die Zeichenkammer vermittelt werden könne, und hat, durch einen gescheiten Versuch gestützt, auf die große Naturtreue hingewiesen, die, in unserer heutigen Fachsprache, zur Rückübersetzung der ebenen Darstellung in die richtigen Raumwerte anrege. Soweit ich unterrichtet bin, ist ihm für lange Zeit auf diesem Wege niemand gefolgt.

Andere Vorkehrungen sollten, wie schon oben gesagt, das Arbeiten im Freien ermöglichen, und da ist (5) 16, 17 auf die älteren *Hohlgläser* und *erhabenen Spiegel* sowie auf die neueren Vorkehrungen, die lichtstarke Zeichenhilfe *(Camera clara)* und das Wollastonsche lichtstarke Zeichenprisma *(Camera lucida)* hinzuweisen.

Es scheint auch nach den Anzeigen der optischen Anstalten, als ob die älteren einfachen Vorkehrungen (die Hohlgläser und die erhabenen Spiegel) in Deutschland bis in das erste Drittel des 19. Jahrhunderts bekannt gewesen und gebraucht worden seien. An der Lichtstärke ihrer Bilder ist nicht zu zweifeln, aber sie hatten den Nachteil, daß bei der Benutzung die Gesichtswinkel des Dingraums stark verändert wurden. Daher ergab sich — ebenso wie bei dem Zeichenkasten mit einer Linse von allzu kurzer Brennweite — nach (4) 304 bei unbefangener Betrachtung notwendig ein unrichtiger Eindruck. Das ist gelegentlich gerügt worden, doch ohne daß der tadelnde Gelehrte den Grund für den Mangel aufgedeckt hätte.

Von der Verwendung des Wollastonschen Zeichenprismas in unserm Vaterlande ist mir nur eine Bemerkung J. Fraunhofers bekannt, der die schönen Kupfer für seine bewunderten Fernrohraufstellungen mit einem solchen Hilfsmittel treu nach der Natur entwarf. Aus der Tatsache, daß er diese Zeichenprismen seit 1816 in seinen Listen führte, wird man wohl auf einen gewissen Absatz davon auch in den Ländern deutscher Zunge schließen müssen.

Wenn man aber beachtet, daß W. H. Wollaston selber 1812 seine verbesserte Zeichenkammer mit dem Meniskus empfahl, so kann man es für wahrscheinlich ansehen, daß genau so wie in Frankreich auch in England das Zeichenzelt bei Benutzern in Gebrauch blieb, die sich für das Mitführen des etwas ungefügen Geräts die nötigen Erleichterungen verschaffen konnten. Man wird daneben annehmen können, daß manche der Benutzer, jedenfalls aber die tüchtigeren Verfertiger, darüber gut unterrichtet waren, daß ein ebener Spiegel zu der abbildenden Linse hinzuzufügen sei, um eine von Spiegelverkehrung freie, also seitenrichtige Zeichnung zu erhalten. Daher erklärt es sich auch, daß die Daguerresche Kammer mit einem Spiegel oder Spiegelprisma zu versehen war, wenn man auf die Seitenrichtigkeit des Lichtbildes Wert legte.

Die allmähliche Entwicklung des Verständnisses für das Lichtbild.

Wenn sich nun, wie im folgenden gezeigt werden soll, das Verständnis für das Lichtbild nur langsam und mühselig entwickelte, so bleibt es in höchstem Maße merkwürdig, daß in der stillen Arbeitsstube des Liebhaberoptikers L. J. Schleiermacher vor dem Jahre 1842 die Lehre von der Wiedergabe der Außendinge durch optische Geräte und von ihrer Bildwirkung auf den betrachtenden Benutzer in einer der Vollendung sehr nahekommenden Art entwickelt wurde. Die Betrachtung der Grundanlage dieses Lehrgebäudes und seiner einzelnen Teile bleibe bis gegen das Ende dieser Darstellung aufgeschoben, denn erst dann wird der Leser mit den verschiedenen Forderungen vertraut geworden sein, deren Würdigung zum vollständigen Verständnis nötig ist, und erst dann wird er die erstaunliche Leistung des ersten Bahnbrechers richtig zu beurteilen vermögen. Auch wird nicht etwa bei einem solchen Vorgehen eine oder die andere Einwirkung dieses Mannes auf die optische Nachwelt verschwiegen, denn irgendwelche Beeinflussung seiner Um- und Nachwelt blieb für lange Jahrzehnte aus: als H. Boegehold (1) 1920 seinen Zeitgenossen das Werk dieses Mannes wies, da hätte man, um den Eindruck auf den vorgebildeten Optiker zu beschreiben, sehr wohl an die Aufdeckung Pompejis und das Erstaunen dabei denken mögen; gleich wohnlich und schön hatte sich dieses Lehrgebäude unter dem bergenden Schutt der Jahrzehnte erhalten, und ebensowenig hatte es auf die lebendige Entwicklung der Lehre von den optischen Geräten eingewirkt.

Die Jahre der Anfangszeit von 1840—1857.

Es wird als bekannt angesehen werden dürfen, daß die Lichtbilder zunächst nach der von L. Daguerre veröffentlichten Art hergestellt wurden und daß erst viel später das Talbotsche Verfahren zu seinem Recht kam. Die Anteilnahme von Gelehrten und von Laien in der ganzen gesitteten Welt war ungemein groß, und die Fachleute — es waren auch Maler, wie z. B. L. Daguerre, H. Collen und J. B. Isenring, darunter vertreten — strebten besonders nach einem Verfahren, leicht und schnell Bildnisse herzustellen. Damit wollte es aber nicht gelingen, denn die Belichtungsdauer blieb zu lang, selbst wenn man den Aufzunehmenden in die pralle Sonne setzte. Man weiß heute recht gut, daß die Landschaftslinse auch nach der Farbenhebung durch die beiden Chevaliers weitaus zu lichtschwach blieb, um dieses Ziel erreichbar zu machen. Die Bestrebungen der verschiedenen Optiker in Paris, London und Edinburg blieben erfolglos, ebenso wie die Wolcottschen Versuche in Nordamerika, und die Blüte der Daguerreotypie hätte sich viel länger verzögert, wenn es nicht dem Wiener Mathematiker J. Petzval gelungen wäre, schon in der ersten Hälfte des Jahres 1840 auf Grund

rein analytischer Behandlung mindestens in den wesentlichen Punkten die Einzelangaben für seine so berühmt gewordene Bildnislinse niederzulegen. Wenn man sich erinnert, daß sie ein Öffnungsverhältnis von 1 : 3.4 besaß, nur verschwindende Zwischenfehler für das gerade Bündel aufwies, die Sinusbedingung erfüllte, von Verzeichnung so gut wie frei war und den Astigmatismus schiefer Bündel für den damals sehr bemerkenswerten wahren Gesichtswinkel von $2 \times 10°$ vernichtete, so wird man der Bewunderung voll sein: nicht allein wird die für Aufnahmelinsen erstaunliche Lebensdauer dieser Anlage (heute von mehr als 90 Jahren) damit erklärt, sondern man sieht auch ein, daß für die Entwicklung der Bildnisherstellung die Bedeutung des Rechenmeisters Petzval nicht hinter den beiden großen Photochemikern zurückblieb: er lieferte eben das unentbehrliche Handwerkszeug, um in kurzer Zeit eine Lichtwirkung auf der Schicht zu erzielen, die man nachher in gewünschter Kraft und Deutlichkeit hervorrufen und festhalten konnte.

In der Anerkennung des Wertes der Petzvalschen Bildnislinse waren die Fachleute der ganzen Welt einig und bezeugten sie in einer freilich dem Erfinder und dem ersten Hersteller nicht eben erfreulichen Weise, nämlich durch eine allgemeine Nachahmung, denn in unbegreiflicher Leichtherzigkeit hatte man in Wien versäumt, mindestens in London und Paris die Erfindung unter gesetzlichen Schutz zu stellen.

Man mag gleich hier bemerken, daß die Photographen mit der Petzvalschen Bildnis- und mit der französischen Landschaftslinse in den ersten 16 bis 17 Jahren der Ausübung auskamen, notgedrungen, da vielversprechende Ansätze des geschickten Fachmannes A. S. Wolcott durch dessen frühen Tod abgeschnitten wurden.

Gleich mit dem Jahre 1840 begann die Entwicklung des Standes der Berufsphotographen, namentlich für die Herstellung von Bildnissen: Leute ganz verschiedener Vorbildung, doch voller Tatkraft und Lerneifer, bemühten sich um die lohnende Aufgabe, aber von irgendwelcher Schulung in der künstlerischen Auffassung war bei den meisten nicht die Rede. Woher sollten solche richtige Ansichten auch kommen, da von der rein optischen Seite der so entstehenden Bildnisse überhaupt nichts bekannt war? Das Unglück wollte es, daß sich J. Petzval und Fr. Voigtländer schon im Anfang des Jahres 1843 schwer verzürnt voneinander trennten. Ohne das wäre es doch immerhin möglich gewesen, daß der begabte Mathematiker in jener frühen Zeit eine Lehre von der Aufnahmelinse geschrieben hätte. Es unterblieb aber, und so haben unseres Wissens die Käufer von den Herstellern der Bildnislinsen auf dem vorliegenden Gebiete nichts weiter gehört, als daß es nicht wünschenswert sei, dem Aufzunehmenden mit dem Dunkelkasten gar zu nahe auf den Leib zu rücken.

Aus England sind in dieser Zeit einige Arbeiten bekanntgeworden, in deren einer im Hinblick auf eine günstige perspektivische Wirkung nachdrücklich längere Aufnahmebrennweiten — zwischen 30 und 40 cm — empfohlen wurden. Ich möchte darin die vielleicht unbewußte Nachwirkung der alten Zeichenzelte sehen, die wahrscheinlich ähnlich schwache Linsen geführt haben. Immerhin werden sich die Bildniskünstler in England damals nicht so weit von den anerkannten Malerregeln entfernt haben, wie es in unserer Heimat geschehen ist. Eine eigentliche geometrisch-optische Lehre von der Bildkammer ist damals aber auch in England schwerlich entwickelt worden.

Die Jahre bewußter Vervollkommnung von 1857 bis etwa zu 1874.

Wenn man so die Zeit verläßt, wo man sich mehr oder minder willig mit dem Bestehenden begnügte und gar keinen Versuch machte, den Leistungen der Linse in optischer Hinsicht nachzugehen, so ist es hier wohl am Platze, die verschiedenen Richtungen festzulegen, in denen der optisch geschulte Fachmann dem Lichtbildner von Nutzen sein kann.

Daß der rechnende Entdecker einer leistungsfähigen Aufnahmelinse von entscheidender Bedeutung werden mag, läßt sich durch Petzvals Beispiel ausgezeichnet belegen. Wenn aber noch lange danach in solcher Tätigkeit als Rechenmeister das einzige Ziel für den optisch geschulten Fachmann erblickt wurde, so sollte man das nach Abbes Beispiel (man denke an die Überzahl seiner belehrenden Arbeiten) als eine dürftige und enge Auffassung hinstellen, die nicht einmal bei einer Betonung des selbstverständlichen Absatzstrebens einer optischen Werkstätte ohne Einschränkung durchzulassen sei.

In unserer Heimat findet sich auf optisch-photographischem Gebiet in diesem Zeitraum kein anerkannter Lehrer der allgemeinen Grundlagen von überragender Bedeutung; die Führung geht auf diesem Gebiete zu jener Zeit so gut wie ausschließlich an England über, und nunmehr müssen die Bedingungen dafür etwas näher geschildert werden.

Die Schulung in den englischen Arbeitsgesellschaften. Schon oben war gelegentlich darauf hingewiesen worden, daß in England — möglicherweise unter der Nachwirkung der alten Zeichenzelte — in Hinsicht auf die Perspektive strengere Anforderungen an photographische Aufnahmen gestellt und gelegentlich in wissenschaftlichen Zeitschriften vertreten wurden. Man wird sich freilich davor hüten müssen, solchen gewiß sorgfältig durchdachten Aufsätzen ein übergroßes Gewicht für weitere Benutzerkreise beizulegen. Zu einer Erziehung der Jünger der Lichtbildkunst kam es erst, als sich — in England vom Jahre 1853 ab — *Liebhabergesellschaften* zu gemeinsamer Arbeit zusammenschlossen und als in ihnen Zeitschriften erwuchsen, deren erste Auf-

gabe in den Mitteilungen über die Vorgänge in diesen Arbeitsvereinigungen gesehen wurde. Die Verfassung derartiger Gesellschaften war sozusagen demokratisch, wer wirklich etwas zu sagen hatte, wurde angehört, auch wenn seine Stellung im bürgerlichen Leben nicht besonders erhöht war. Und dieses Ziel der Vermeidung alles Bonzentums, das in diesen frühen, begeisterungsvollen Jahren auch wirklich erreicht wurde, gibt der Durcharbeitung jener Gesellschaftsberichte heute geradezu einen wehmütigen Reiz. Man bedenke ferner, daß die Ausübung der photographischen Verfahren in jenen fernen Zeiten so schwierig war, daß der oberflächliche Liebhaber von selbst davor zurückschreckte, sich bei einer solchen Gesellschaft zur Aufnahme zu melden, in der er vermutlich dauernd zum Zahlen und Schweigen verurteilt sein würde. Anderseits aber fanden tatkräftige und leistungsfähige Jünger der neuen Kunstfertigkeit, je nach dem Stande ihrer Kenntnis, erfahrene und willige Lehrer oder aufnahmebereite Hörer und begeisterungsfähige Schüler. Das Gebiet der Photochemie lag noch gleichsam wie ein neu entdecktes Land vor den Augen der Liebhaber: noch waren kaum die ersten Zäune von Schutzrechten gezogen, und die Fabriken der dem Ausübenden notwendigen Arbeitsmittel und Werkstoffe hatten durch die (heute gebotene) weitgeführte Arbeitsteilung noch nicht die freiwillige Forschungstätigkeit des einzelnen Liebhabers erdrückt. Kein Geringerer als W. v. SIEMENS (3) 5 hat auf die große Bedeutung der Arbeitsgemeinschaften Englands für die technische Schulung in diesem Lande hingewiesen, und auf unserm beschränkten Gebiete wird sich sogleich die Richtigkeit seiner Beobachtung nachweisen lassen.

Die ältesten der englischen Gesellschaften hatten 1857, beim Beginn des nunmehr zu schildernden Zeitraums, schon einige Jahre erfolgreicher Arbeit hinter sich; sie wurden zur Behandlung optischer Aufgaben durch verschiedene Einwirkungen angeregt. An erste Stelle möchte ich die Mitteilungen von PETZVALS neuer optischen Tätigkeit setzen. Ich habe in (6) 475, 476 auseinanderzusetzen gesucht, warum seine neue Aufnahmelinse, meistens das *Orthoskop* genannt, seinen Ruhm nicht erhöhen konnte, auch wenn die Vorführung vor der Londoner Hörerschaft geschickter und glücklicher gewesen wäre. Hier kam es aber auf den Anstoß an, und man wird ihn als ungemein wirksam anerkennen können. Unterstützt wurde die ganze Bewegung durch Neuerungen, die in der englischen Optikerschaft schon seit einiger Zeit vorbereitet wurden. Da nun bei den Mitgliedern von großer Arbeitserfahrung kein Zweifel daran bestand, daß es — in unserer heutigen Fachsprache — an einem leistungsfähigen *Mittelwinkel* fehlte, so konnte sich die allgemeine Aufmerksamkeit auf die Ausfüllung dieser Lücke richten. Und so kam es zu dem wunderbaren Schauspiele, das ich an verschiedenen Stellen als den Wettlauf um einen solchen leistungsfähigen Mittelwinkel eingeführt habe.

Das schließliche Ergebnis war, vom Standpunkt einer ausführenden Werkstätte aus angesehen, nicht eben gewaltig, aber man kommt zu einem viel günstigeren und dabei zu einem gerechteren Ergebnis, wenn man beachtet, wie vielen gescheiten Photographen gewisse wichtige Lehren der Strahlenoptik nahegebracht wurden. An der so gestellten Aufgabe arbeiteten nicht nur ausübende Linsenoptiker wie TH. GRUBB, F. H. WENHAM, A. Ross mit seinem Sohne THOMAS und seinem Schwiegersohne J. H. DALLMEYER, sondern auch mathematisch vorgebildete Fachmänner wie R. H. BOW und TH. SUTTON, ganz zu schweigen von einem Vorsitzer und Herausgeber der Zeitschrift wie G. SHADBOLT, dem man im Hinblick auf die Gemeinverständlichkeit seiner Lehre wohl den Preis zuerkennen mag.

Denn es handelte sich im Laufe der über Jahre hinaus erstreckten Erörterung durchaus nicht bloß um die Herstellung einer leistungsfähigen Linsenfolge, sondern man ging bewußt zur Erörterung allgemeiner Fragen über und lieferte so eine breit angelegte und an einzelnen Stellen mit großer Sorgfalt und Liebe ausgeführte Darstellung, der man aus der früheren Zeit der Zeichenhilfen nur eben den LAMBERTschen Versuch von 1768 — und auch den nur von ferne — an die Seite stellen kann. An den Gesellschaftsabenden und in selbständigen Aufsätzen wurde — immer in unserer Fachsprache — der grundlegende Unterschied von Brenn- und Schnittweite, von Öffnungsblende und von Eintrittspupille, von wahrem und von scheinbarem Gesichtsfelde erklärt und betont, man bestimmte den Lichtabfall nach dem Plattenrande neben der (schwachen) Möglichkeit, ihn auszugleichen, man erörterte neben der Verzeichnung auch die Mittel, ihr entgegenzuwirken und beschäftigte sich erfolgreich mit der Aufgabe, den Zustand des Astigmatismus schiefer Bündel für eine gegebene Linsenfolge in einem Schaubilde niederzulegen. Auch die Frage der Abbildungstiefe im Bereiche der Strahlenoptik fand eine schöne Lösung, wobei es dem (leider ungenannt gebliebenen) Verfasser klar war, daß die Forderung großen Öffnungsverhältnisses eine weite Ausdehnung der Abbildungstiefe zum mindesten nicht ausschloß. Die Perspektive der Aufnahme fand seltener eine theoretische Behandlung, aber die Herstellung eines ebenso schön wie einfach geplanten Betrachtungsgeräts von R. H. Bow läßt erkennen, daß wenigstens diesem hervorragenden Vertreter der alten Zeit die Wichtigkeit solcher Überlegungen ebenso klargeworden war wie ein Plan, sie zu verwirklichen. Auch andere beschäftigten sich, wenn auch nicht mit Bowschem Geschick und ähnlicher Gründlichkeit, mit der alten Guckkastenaufgabe für die Lichtbilder, und ein so hervorragender Vertreter der englischen Liebhaber wie CH. PIAZZI SMYTH

verwandte nicht allein schon 1865 die Kleinbildkammer mit lichtstarker Aufnahmelinse von 4,6 cm Brennweite und einer Plattengröße von $2^1/_2$ cm im Geviert, sondern er hatte 1874 die Kühnheit und das Geschick, das Feld punktmäßiger Abbildung bei der Petzvalschen Bildnislinse auf eine einfache Weise zu ebnen.

Der heutige Kenner dieser Zeit steht beglückt und erstaunt vor dem Reichtum an Gedanken, vor der Fähigkeit und der Beharrlichkeit bei der Verwirklichung und nicht zum wenigsten vor der Bescheidenheit der hier auftretenden bedeutenden Männer. Man muß sich gleichsam laut ins Gedächtnis zurückrufen, daß diese ganze Herrlichkeit doch keinen Bestand hatte. Gewiß läßt sich hier und da der letzte Meißelschlag zur Vollendung vermissen, aber es sei ferne von mir, den Glauben zu befördern, man könne heute den Mißerfolg dieser Unsumme von Fleiß, Begabung und Gebefreude anders erklären als mit dem übermächtigen Widerstande der stumpfen Welt.

Da aber die prächtigen Arbeiten in der stattlichen Bändezahl gutgeleiteter Fachblätter verborgen lagen, und sich damals niemand fand, der die in Einzelaufgaben gefundenen Ergebnisse zusammenfaßte und kleinere Lücken ausfüllte, so blieb die Wirkung dieser wunderbaren Zeit auf die Nachwelt so gut wie völlig aus.

Die Behandlung der Strahlenbegrenzung durch E. Abbe im Jahre 1871. Noch innerhalb der reichen Zeit der englischen Entwicklung wurden außerordentlich wichtige Lehren für die Abbildung durch die Aufnahmelinse abgeleitet und veröffentlicht, aber ihnen wurde nicht einmal die freilich engbegrenzte Würdigung zuteil, die sich doch in der englischen Entwicklung gezeigt hatte. Es handelt sich hier um die erste Form der Strahlenbegrenzung, wie sie E. Abbe 1871 in eine größere, unvollendet gebliebene theoretische Abhandlung aufgenommen hatte. Die besondere Gabe Abbes, optische Aufgaben in der allerallgemeinsten Weise anzufassen und zu lösen, zeigte sich auch hier, wo die Bedingungen ausgesprochen werden sollten, unter denen räumlich angeordnete Flächenteilchen des Dingraums ihre Strahlen durch eine Öffnungsblende senden und an der Abbildung im Bildraum teilnehmen könnten. In der Tat lag in der Behandlung das meiste davon umschlossen, was die englischen Forscher emsig am Einzelfall ermittelt hatten, aber niemand, auch E. Abbe selber nicht, dachte daran, den hier verborgenen Schatz für die optischen Geräte im allgemeinen durch Einzeluntersuchungen zu heben. Und das war keineswegs Nachlässigkeit; ganz im Gegenteil, man muß sich eben vorstellen, daß Abbe gerade in dieser Zeit eifrig an der Aufstellung seiner Lehre von der Bilderzeugung im Mikroskop beschäftigt war und daß er mit allen Kräften seiner Seele an der Erwartung hing, ob die nach neuen Grundsätzen geplanten Mikroskopobjektive die in sie gesetzten Hoffnungen auch erfüllen würden: Nebenher gingen seine Bemühungen, geeigneten Werkstoff für solche Linsen von ganz hoher Öffnungszahl zu finden. Diese Bemühungen haben ihn, wie die Folgezeit lehrte, für nahezu 14 Jahre in ihrem Bann gehalten und seine lebhafteste Teilnahme auf optischem Gebiete der Herstellung von optischem Glas oder der Auffindung anderer, für seine Aufgaben geeigneter Stoffe zugewandt. Man muß auch im Auge behalten, daß die kleine Jenaer optische Werkstätte, die er zu so erstaunlicher Bedeutung führen sollte, damals auf die Herstellung von Mikroskopen beschränkt war, und es sieht so aus, als wenn er damals und auch später noch bei der Anwendung seiner allgemeinen Sätze auf die optischen Geräte im besonderen immer weiter mit erklärlicher Vorliebe am Mikroskop festgehalten hätte. Von einer besonderen Aufgabe bei der Bildkammerlinse, wo die Abbildungstiefe und die Perspektive ganz eingehend zu behandeln seien, hat er schwerlich Kenntnis gehabt, denn auch in der Czapskischen Zusammenfassung seiner Lehre (im Jahre 1893 abgeschlossen) ist davon keine Rede, obwohl damals die Jenaer Werkstätte schon ihre ersten erfolgreichen Schritte auf dem photographischen Wege getan hatte.

Weiter unten wird sich — ähnlich wie im Schleiermacherschen Falle — nachholend und im Zusammenhange zeigen lassen, welche kräftigen Triebe hier in ihrem natürlichen Wachstum gehemmt und gleichsam in tiefer Erstarrung gehalten wurden.

Die Jahre gänzlicher Teilnahmlosigkeit bis zu 1897 hin.

An den Schluß des Zeitraums der schönen englischen Entwicklung fällt so etwas wie eine Belebung der optischen Anteilnahme des Berliner Fachvereines, der damals unter dem Einfluß H. W. Vogels stand. Das wird mit den großen Reisen des Vorsitzers zusammenhängen sowie mit seiner Kenntnis des englischen Vereinslebens, und man möchte ferner glauben, daß der mächtige Schwung bei der Einigung der deutschen Stämme nach dem großen Kriege von 1870/71 auch etwas zu der Vertiefung des Vereinslebens beigetragen habe. Man findet (4) 333 in den Berichten Bemerkungen über Zenkersche hierher gehörige Gedanken, zunächst über den Einfluß der Rahmenwahl, die der Lösung einer selbstgestellten Aufgabe mit Verständnis und Geschick nachgehen.

Aber im wesentlichen herrscht in diesem Zeitraum die störungsloseste Gleichgültigkeit gegen optische Aufgaben, die nur zu denken ist. Es machte sich vermutlich die natürliche Folge geltend, daß die Vorsteher der nach dem Berliner Vorgange gegründeten photographischen Lehranstalten Chemiker waren und also für die Entwicklung der optischen Seite bei der Bildentstehung wenig Herz hatten (und kaum je ein Verständnis zeigten). Über die einfachsten Formeln, die etwa bei Zugrundelegung der Gaussischen Lehre Dingort und -größe mit Ort und Größe des ebenen Bildes verbinden, scheint man in den Lehrgängen

nicht wesentlich hinausgegangen zu sein, und diese Beziehungen konnte man mit einiger Strenge doch nur verwenden, wenn ein ebener Gegenstand aufgenommen werden sollte. Was eigentlich geschehe, wenn ein *Raumding* auf der Ebene der lichtempfindlichen Schicht wiedergegeben würde, das scheint zu einer geometrischen Behandlung nur insofern gereizt zu haben, als die Abbildungstiefe eine Rolle spielte. Diese Aufgabe wurde, soviel mir bekannt ist, stets an der Mattscheibe behandelt, so daß also die Abbildung durch die Aufnahmelinse immer vorausgesetzt wurde.

Mit der Vervollkommnung des optischen Rüstzeugs stand es in unserm Vaterlande entschieden besser, ja man kann ohne Einschränkung sagen, daß in der Ausnutzung der neuen, durch das Jenaer Glaswerk bereitgestellten Werkstoffe die Anstalten unseres Vaterlandes an erster Stelle standen; aber von den so ermittelten Kenntnissen wurde den Benutzern nur wenig mitgeteilt. Es ist doch bezeichnend, daß die Strahlenvereinigung in dem FRAUNHOFERschen Heliometerfernrohr für Königsberg von FR. W. BESSEL ungefähr ein Dutzend Jahre nach der Lieferung genau beschrieben wurde, während von der ebenso bewundernswerten PETZVALschen Bildnislinse noch etwa 60 Jahre nach ihrer Erfindung keine zuverlässige Darstellung der Strahlenvereinigung an der durch sorgfältige Ausführung gesicherten und weitverbreiteten Form zugänglich war. Und doch war der Wert der letztgenannten Linsenfolge in wirtschaftlicher Hinsicht dem bewunderungswerten Fernrohrobjektiv geradezu unermeßlich überlegen.

Irgendeine Kenntnis von der Leistung der Linsenfolgen, die vielen Menschen ihren Lebensunterhalt darboten und Zehntausenden einen Lieblingszeitvertreib ermöglichten, war aus den Lehrbüchern und auch in Vorlesungen einfach nicht zu erhalten. Ich entsinne mich wohl, daß in der Experimentalphysik zu Berlin im Sommer 1888 bei der Besprechung des Mikroskopobjektivs kein Wort über die Bedeutung des Öffnungswinkels gesagt wurde; und doch war diese Vorlesung auch den jüngeren Medizinern vorgeschrieben, die zweifellos einen solchen Hinweis gut hätten brauchen können. Und wenn uns ein Semester später in der Vorlesung über Geometrische Optik ein Aufguß über das Büchlein von G. FERRARIS versetzt wurde, so braucht man nur auf die ABBEsche Besprechung der gleichen Schrift aus dem Jahre 1882 zu verweisen, um einzusehen, daß der Hörer auf dem hier behandelten Gebiet nicht ausreichend unterrichtet wurde. Er erfuhr wohl manches von der Zusammensetzung optischer Abbildungen in einer sehr gefälligen Ableitung, aber das Geometrische überwog das Optische allzusehr. (Schluß folgt.)

Experimentelle Untersuchungen über die Symbiose der Kleiderlaus.

Von MANFRED ASCHNER, Jerusalem.

(Aus dem hygienischen Institut der hebräischen Universität.)

Während uns bei den meisten symbiontenführenden Insekten die morphologische Seite des Infektionsverhältnisses, Entstehung und Bau der Bakterienorgane und ihre Besiedlung durch die Mikroorganismen, durch ausführliche Arbeiten in allen Einzelheiten bekannt ist, sind wir hinsichtlich der physiologischen Bedeutung dieser im Insektenreich soweit verbreiteten Erscheinung noch nicht über Vermutungen herausgekommen.

Regelmäßige Infektionsverhältnisse finden sich vor allem in denjenigen Insektengruppen, die einseitig auf eine bestimmte Nahrung eingestellt sind. Auf Grund dieser Beobachtung vermutete BUCHNER, daß eben die Bakterien ihrem Träger die Spezialisierung ermöglichen, indem sie z. B. bei holzfressenden Insekten das Erschließen der schwer angreifbaren Cellulose und bei Blut- oder Pflanzensaft saugenden Insekten die Lieferung von Zusatzstoffen zur einseitigen Nahrung übernommen haben. Nach dieser Anschauung leisten also die Mikroorganismen ihrem Wirt wertvolle Dienste. Der Wirt seinerseits unterstützt und erleichtert die Ansiedlung der Bakterien dadurch, daß er für sie als Wohnraum besondere Organe, sog. Mycetome ausbildet und die Übertragung auf die Nachkommenschaft sicherstellt. Es besteht zwischen Insekt und Mikroorganismus ein gegenseitiges Nutzverhältnis und somit eine echte Symbiose.

Wenn wir von der Leuchtsymbiose absehen, bei der ja in den meisten Fällen ein gegenseitiges Nutzverhältnis klar zutage liegt, sind Nutzleistungen der pflanzlichen Mitbewohner für ihren Wirt noch nicht erwiesen worden. Ebenso ist das Bildungsprinzip der Mycetome noch nicht für alle Fälle geklärt. Bei einigen Insekten, wie z. B. bei den viviparen Aphiden, erfolgt die Anlage des Mycetoms im Embryo vor dem Zeitpunkt der Infektion. Die aktive Rolle des Insekts bei der Anlage der Mycetome ist dadurch völlig glaubhaft gemacht. In anderen Fällen dagegen, wo die Ausbildung des Organs erst nach erfolgter Infektion einsetzt, könnte auch eine passive Rolle des Wirtes angenommen werden. Die Mycetome müßten hierbei, etwa analog den Pflanzengallen, als Gewebswucherungen, die auf den Infektionsreiz hin entstehen, gedeutet werden.

Es ist also nicht unberechtigt, zu fragen, ob die sog. Symbionten nicht einfach zufällige Eindringlinge sind oder harmlose Kommensalen, deren Vorhandensein oder Fehlen für den Wirtsorganismus ohne jede Bedeutung ist.

Gegen eine solche Auffassung scheint zunächst die Verbreitung der Symbiose zu sprechen, die zweifellos nicht regellos erfolgt ist. Die Bevorzugung solcher Gruppen unter den Insekten, die durch weitgehende Spezialisierung ihrer Nahrung

ausgezeichnet sind, ist unzweifelhaft. Jedoch könnte man sich vorstellen, daß Insekten, die sich einseitig an eine bestimmte Nahrung angepaßt haben, zufällig eingedrungenen Mikroorganismen die beste Gewähr für eine stets gleichbleibende Zusammensetzung der Nahrung geben, so daß gerade in solchen Gruppen das Beisammenwohnen von Insekt und Mikroorganismus eine festere und geregeltere Form annehmen kann. Eine derartige, auf Grund nur morphologischer Kriterien festgestellte enge Beziehung könnte dann leicht zu der Annahme verleiten, daß ein tieferer Sinn, eine Symbiose, hinter diesem Bündnis stecken müsse.

Die experimentelle Methode, eine Symbiose zu demonstrieren, besteht darin, den fraglichen Symbionten auszuschalten und dann nachzuweisen, daß erstens Ausfallserscheinungen auftreten und zweitens, daß diese einzig und allein auf das Fehlen der Symbionten zurückzuführen sind.

Derartig überzeugende Versuche konnten bei den symbiontischen Flagellaten der Termiten von CLEVELAND durchgeführt werden. Bei der mutmaßlichen Symbiose der Insekten mit pflanzlichen Mikroorganismen ist aber bisher noch kein experimenteller Beweis geglückt. Eine künstliche Trennung des Wirtes von seinen Symbionten ist zwar in einem Falle gelungen. KOCH konnte zeigen, daß Oryzaephilus surinamensis unter besonderen Kulturbedingungen seine symbiontischen Bakterien völlig verliert. Dieser Verlust hat, wie KOCH überzeugend nachwies, keinerlei Schädigung für das betreffende Tier zur Folge. Symbiontenfreie Zuchten dieses Insekts, die seit August 1930 fortgeführt wurden, leben und vermehren sich ungestört bis heute. Selbst bei Darbietung einseitiger Nahrung (Stärke) war kein Unterschied gegenüber den symbiontenhaltigen Kontrolltieren festzustellen. Das Mycetom wird in den symbiontenlosen Tieren genau so angelegt wie in den symbiontenhaltigen. Diese überraschenden Resultate dürfen sicherlich nicht verallgemeinert werden, denn dieses Insekt ist polyphag und unterscheidet sich dadurch von den meisten anderen Symbiontenträgern, die gewöhnlich durch extreme Spezialisierung ihrer Nahrung ausgezeichnet sind. Außerdem wäre es immerhin denkbar, das Bakterien der Darmflora im Falle des Fehlens der Symbionten deren Funktion übernehmen.

Um diese Möglichkeit auszuschließen, wählte ich als Versuchsobjekt ein Insekt, dessen Nahrung und Magen-Darmkanal von Natur aus völlig steril ist, nämlich die Kleiderlaus. Es gelang mir, durch Exstirpation der larvalen Magenscheibe Läuse völlig symbiontenfrei zu machen und so ein Material für Symbioseversuche zu schaffen, bei dem eine Störung durch Begleitbakterien ausgeschlossen ist. Die schwierig erscheinende Aufgabe, das an der Magenwand festgewachsene Mycetom zu exstirpieren, ohne dabei dem Insekt durch die Operation eine nachweisbare Schädigung zuzufügen, ließ sich leicht auf folgende Weise lösen.

Eine Glimmerscheibe mit einem feinen Loch in der Mitte wird auf die Ventralseite der Laus gelegt, so daß sich das Mycetom genau unter dem Loch der Scheibe befindet und fest an die Bauchwand angepreßt ist. Dann wird mit einer äußerst fein gespitzten Nadel durch das Loch der Glimmerscheibe hindurch die Haut vorsichtig punktiert. Durch die so entstandene Öffnung, die sehr viel kleiner sein muß als das Mycetom, tritt auf leichten Druck sofort ein kleiner Zipfel der Magenscheibe nach außen, verschließt so die Wunde und verhütet den Austritt von Blut. Mit Hilfe von feinen Nadeln wird dann dieser Zipfel vorsichtig hinausgezogen, bis das ganze Mycetom nach außen gebracht ist. Das der Luft ausgesetzte Gewebe vertrocknet rasch und kann dann mit Hilfe eines Skalpells oder einer Pinzettschere leicht entfernt werden.

Die Operation kann als gelungen betrachtet werden, wenn die spätere Häutung des Tieres normal vonstatten geht. Das war bei meinen letzten Versuchen bei ungefähr 50% der operierten Tiere der Fall. Mißlingen der Operation zeigt sich gewöhnlich kurz vor der Häutung durch diffuse Rotfärbung des betreffenden Tieres an, hervorgerufen durch den Übertritt von Blut aus dem verletzten Magen in die Leibeshöhle.

Mit Hilfe der eben beschriebenen Methode konnte ein meines Erachtens einwandfreier Beweis für das Bestehen einer Symbiose zwischen Bakterien und der Kleiderlaus geführt werden.

Es ergab sich zunächst, daß eine Deutung der Mycetome als Gallbildungen unhaltbar ist. Diese Organe gehören allerdings, wie man aus ihrer oft gänzlich verschiedenen Anlage in nahe verwandten Gruppen schließen kann, nicht zum ursprünglichen Bauplan der betreffenden Insekten, sondern stellen Neuerwerbungen dar, die phylogenetisch zweifellos im Zusammenhang mit den Mikroorganismen entstanden sind. Sie unterscheiden sich aber, wie die Untersuchung an den symbiontenfreien Läusen ergab, grundsätzlich dadurch von den Pflanzengallen, daß sie auch dann zur Ausbildung kommen, wenn keinerlei Reizung des Gewebes durch eine Infektion stattfinden konnte. Die Bildung der Ovarialmycetome, der sog. Ampullen, findet, wie RIES feststellen konnte, in der weiblichen Laus erst nach der dritten Häutung statt. Es wird hierbei zunächst der an die Verwachsungsstelle der Ovariolenstiele grenzende Abschnitt der Ovidukte von den Symbionten infiziert. Erst nach der Infektion wächst dann von der Verwachsungsstelle eine Zellschicht aus, die die infizierten Zellen nach außen abgrenzt, und ebenso schickt das nichtinfizierte Gewebe der Ovidukte eine Zellage vor, die die Abgrenzung gegen das Lumen hin bewirkt. Dadurch weist der sonst einschichtige Ovidukt an dieser Stelle drei Zellagen auf. Der Vorgang könnte, rein morphologisch betrachtet, als Abkapselung eines Infektionsherdes gedeutet werden. Es zeigte sich aber, daß dieselbe Abkapselung auch dann eintritt, wenn der betreffende Abschnitt der Ovi-

dukte gar nicht infiziert war, da alle Symbionten bereits vor dem Zeitpunkt der Infektion entfernt worden waren.

Ebenso legten Embryonen, die sich in den abgelegten Eiern solcher symbiontenfreier Weibchen entwickelten, eine typische Magenscheibe an, trotzdem das betreffende Ei nie Mikroorganismen enthielt, die die Mycetombildung hätten auslösen können.

Damit ist die Frage nach dem Bildungsprinzip der Mycetome für die Kleiderlaus beantwortet. Sie werden in der Ontogenese ohne jede Mitwirkung der Mikroorganismen aktiv von seiten des Wirtes ausgebildet. Sie sind also zu erblich fixierten Organen geworden, ein deutlicher Hinweis darauf, wie tief die Einrichtung der Symbiose in der Organisation der Laus verwurzelt ist.

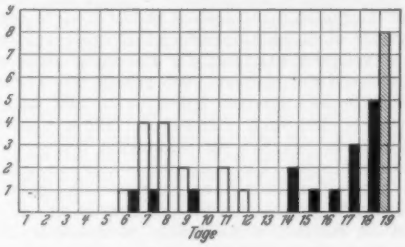
Das wird uns noch deutlicher, wenn wir das Verhalten der symbiontenfreien Tiere mit dem der symbiontenhaltigen vergleichen. Die 14 symbiontenfreien Weibchen, die bis jetzt beobachtet wurden, zeigten gegenüber normalen Weibchen, die unter denselben Bedingungen gehalten wurden, ein deutlich verschiedenes Verhalten vor allem in der Lebensdauer und bei der Eiablage. Kein symbiontenfreies Weibchen lebte als Imago länger als 7 Tage. Die meisten starben bereits am 4. Tage nach der letzten Häutung, und zwar unter charakteristischen Erscheinungen, die bei normalen Läusen nicht beobachtet wurden. Die Tiere stellten, nachdem sie die ganze Zeit über normal gefressen hatten, plötzlich die Nahrungsaufnahme ein und verhungerten, wenn sie nicht künstlich ernährt wurden. Durch eine derartige Ernährung (WEIGELS Methode der rektalen Injektion von Blut durch eine Glaskapillare) ließen sie sich gewöhnlich noch einige Tage länger am Leben erhalten, wurden aber dabei von Tag zu Tag deutlich schwächer und starben immerhin viel schneller als die auf gleiche Weise gefütterten Kontrolltiere. Auch bei der Eiablage sind deutliche Unterschiede erkennbar. Normale Weibchen legten unter den meinen Versuchen zugrunde liegenden Bedingungen sehr regelmäßig täglich 6—7 Eier. Die symbiontenfreien Weibchen jedoch unter den gleichen Bedingungen täglich von 0 bis höchstens 3 Eiern, die entweder gleich nach der Ablage schrumpften und sich so als abortiv erwiesen oder aber früher oder später während der Embryonalentwicklung regelmäßig abstarben. Eine häufige Erscheinung war, daß die zuerst abgelegten Eier eines symbiontenfreien Weibchens Entwicklungsbeginn zeigten, wenigstens über einige Tage hin, während die späteren Eier sofort nach der Ablage schrumpften und starben.

Es kann gezeigt werden, daß all diese Erscheinungen Ausfallserscheinungen sind, die nur durch das Fehlen der Symbionten und nicht etwa durch die Operation als solche oder durch das Fehlen des Mycetoms hervorgerufen wurden. Glücklicherweise bietet nämlich die Kleiderlaus die Möglichkeit, einen geradezu idealen Kontrollversuch anzustellen: Es ist möglich, mit genau derselben Technik die Magenscheibe zu exstirpieren, ohne dabei die Laus ihrer Symbionten zu berauben.

Wie wir durch die Untersuchung von SIKORA und vor allem von RIES wissen, verlassen bei der weiblichen Larve die Symbionten noch vor der dritten Häutung die Magenscheibe, um die Ovidukte zu infizieren. Es ergab sich nun bei meinen Versuchen folgendes: Findet die Exstirpation drei oder mehr Tage vor der letzten Häutung statt, so werden die Symbionten völlig mitentfernt. Unternimmt man aber die Exstirpation nur 1 oder 2 Tage vor der dritten Häutung, so entfernt man nur die von Symbionten verlassene Magenscheibe.

Der Versuch wurde bei 8 weiblichen Larven unternommen, und ergab stets das gleiche Resultat: Die Weibchen, denen das leere Mycetom entfernt wurde, zeigten keine Folgeerscheinungen nach der Exstirpation und waren weder in ihrer Lebensdauer, noch in ihrer Eiproduktion von normalen Weibchen zu unterscheiden. Die Schädigung durch die Operation ist zweifellos die gleiche, ob Symbionten mitentfernt wurden oder nicht. Wenn daher nur bei den symbiontenlosen Tieren Folgeerscheinungen nach der Operation auftraten, so müssen diese auf das Fehlen der Symbionten zurückgeführt werden.

Eine Bestätigung dieser Behauptung bildet auch das Verhalten der operierten männlichen Larven. Die Symbionten der männlichen Kleiderlaus degenerieren nach der dritten Häutung mehr oder minder weitgehend. Wir dürfen daraus schließen, daß ihre Anwesenheit für die erwachsenen Männchen von wesentlich geringerer Bedeutung ist als für die Weibchen. Demnach müßte auch die Entfernung des symbiontengefüllten Mycetoms von den Männchen besser ertragen werden als von den Weibchen, wenn die Exstirpation als solche keinerlei Schädigung für den Organismus mit sich bringt. In der Tat lebten, wie das beigefügte Diagramm zeigt, die Männchen in der Regel erheblich länger als Weibchen, die auf dieselbe Weise sym-



symbiontenlose Weibchen
symbiontenlose Männchen
operierte, symbiontenhaltige Weibchen

Ordinate: Anzahl der Läuse, bei denen die ersten Folgeerscheinungen auftraten.

Abscisse: Anzahl der Tage nach der Operation.

biontenfrei gemacht wurden. Die Mehrzahl lebte länger als 14 Tage. Einzelne Exemplare wurden bis zu 3 Wochen am Leben erhalten (und dann für histologische Untersuchung fixiert), ein Alter, das kein einziges der 14 symbiontenfreien Weibchen erreichte. Auch die Reproduktionsfähigkeit dieser Männchen war durch die Exstirpation der Magenscheibe offenbar nicht beeinträchtigt worden, denn normale Weibchen, die mit ihnen gepaart wurden, legten Eier, die normal schlüpften.

In dem vorstehenden Diagramm sind nur diejenigen Larven aufgeführt, die im dritten Stadium operiert wurden und bis zur Imago gelangten. Die Operation wurde auch an Larven des ersten und zweiten Stadiums ausgeführt, und zwar mit folgendem Resultat: Mycetomlose Larven des zweiten Stadiums erreichten das dritte und das der Imago zu derselben Zeit wie ihre gleichaltrigen Kontrolltiere. Larven des ersten Stadiums dagegen vollendeten nur die erste und zweite Häutung und starben vor der dritten ohne erkennbare Ursache. Jedoch sind meine Versuche hier noch nicht zahlreich genug, um ein endgültiges Urteil fällen zu können.

Erwähnenswert sind noch die Versuche mit partieller Exstirpation der Magenscheibe. Durch sie konnte die von den Morphologen behauptete zahlenmäßige Konstanz der symbiontischen Infektion experimentell bestätigt werden.

Wird nur ein Teil der larvalen Magenscheibe exstirpiert, so wird auch nur ein Teil der Symbionten von der Laus entfernt. Die übrigbleibenden vollziehen ungestört die Infektion der Ovidukte. Überraschend hierbei ist aber, daß der Verlust durch Vermehrung der übrigbleibenden Symbionten nicht ersetzt wird. Noch 3 Wochen nach der Operation ließen sich bei derartigen Läusen in der Ovarialampulle deutliche Lücken in der Besiedlung feststellen. Da wir derartige Bilder in normalen Läusen nie erhalten, müssen wir annehmen, daß die Infektion der Ovidukte stets in einer bestimmten Mindeststärke erfolgt. Das gleiche ist mit der Infektion der Ovarialeier der Fall. Läuse, deren Ampullen nicht normal gefüllt sind, besitzen natürlich auch nicht genügend Symbionten, um alle abgelegten Eier mit der normalen Zahl von Symbionten zu versehen. Ich erhielt von solchen Tieren symbiontenarme Embryonen, und konnte feststellen, daß auch während der Embryonalentwicklung ein Ersatz der fehlenden Symbionten nicht stattfindet. Ein Präparat von einem nahezu schlüpfbereiten Embryo zeigte eine völlig normalgebildete Magenscheibe, bei der aber in den Kammern an Stelle der fehlenden Symbionten Teile des primären Dottermycetoms eingeschlossen sind.

Ein Einwand könnte vielleicht noch erhoben werden. Durch die Operation wurden ja nicht nur die Symbionten entfernt, sondern gleichzeitig auch ein Organ der Laus, nämlich die Magenscheibe. Wäre es nun nicht möglich, daß die beobachteten Ausfallserscheinungen weniger auf das Fehlen der Symbionten, als auf das Fehlen des Organs und seiner gemutmaßten inneren Sekretion zurückzuführen sind? Hierauf läßt sich folgendes erwidern: Sollte die Magenscheibe eine innere Sekretion besitzen, die für den Organismus der Laus lebensnotwendig ist, so müssen wir annehmen, daß diese Sekretion aufhört, sobald die Magenscheibe von den Symbionten verlassen ist, denn Exstirpation der leeren Magenscheibe bringt ja, wie wir gezeigt haben, keinerlei Folgeerscheinung für die Laus mit sich. Exstirpieren wir nun kurz vor dem Auswandern der Symbionten einen Teil der Magenscheibe, so wird, falls die Sekretion wirklich besteht, ein Teil dieser Funktion ausgeschaltet, aber nur für eine kurze Zeit, denn mit dem Auswandern der Symbionten wäre sie ja von selbst erloschen. Gleichzeitig wird aber auch der Symbiontenbestand vermindert, und zwar für längere Zeit, da, wie wir gezeigt haben, ein Ersatz der fehlenden Symbionten nicht stattfindet. Ich verglich nun unter völlig identischen Bedingungen die Eiablage normaler Weibchen mit solchen, denen das leere Mycetom, und mit anderen, denen ein Teil des symbiontenhaltigen Mycetoms entfernt worden war. Die Tiere einer Vergleichsserie waren etwa gleich alt und wurden alle in ein und demselben Käfig, der durch Querwände in mehrere Kammern geteilt war, täglich bis 12 Stunden lang am Körper getragen. In jeder Kammer befand sich ein Weibchen und ein Männchen. Es zeigte sich hierbei, daß die partiell exstirpierten Weibchen in der Zahl der abgelegten Eier beträchtlich hinter den Tieren zurückblieben, die die normale Zahl von Symbionten besaßen, einerlei, ob das leere Mycetom entfernt worden war oder nicht. Da derartig partiell exstirpierte Weibchen verhältnismäßig lange am Leben bleiben, konnten die Versuche über längere Zeit hin durchgeführt werden. Deutliche Unterschiede waren hierbei noch nach 2 und 3 Wochen festzustellen, und zwar so, daß die Zahl der täglich abgelegten Eier als Maßstab für die Stärke der Ampulleninfektion dienen konnte. Diese Versuche erlauben wohl den Schluß, daß nicht die für kurze Zeit ausgeschaltete fragliche Sekretion der Magenscheibe, sondern einzig und allein die fehlenden Symbionten für das Auftreten der Ausfallserscheinungen verantwortlich sind.

Es bleibt noch zu erörtern, worin die Bedeutung der Symbionten für die Laus besteht. Ich konnte in dieser Frage bisher nur eine kleine Zahl von Vorversuchen unternehmen, indem ich durch verschiedene Zusätze (Bakterien, Hefeextrakt, Embryonalextrakt) zur üblichen Blutnahrung die Ausfallserscheinungen bei symbiontenfreien Läuseweibchen zu kompensieren versuchte. Diese Versuche blieben bisher ergebnislos und werden zur Zeit noch fortgesetzt. Eine ausführliche Darstellung der Resultate unter besonderer Berücksichtigung der histologischen Befunde wird in Gemeinschaft mit E. RIES veröffentlicht werden.

Literatur: P. BUCHNER, Tier und Pflanze in intracellulärer Symbiose. 2. Aufl. Berlin 1930. — L. R.

CLEVELAND, The effects of oxygeneration and starration on the symbiosis between the termite, Termopsis, and its intestinal flagellates. Biol. Bull. Mar. biol. Labor. Wood's Hole **48** (1925). — A. KOCH, Die Symbiose von Oryzaephilus surinamensis L. Z. Morph. u. Ökol. Tiere **23**, 389—424 (1931). — E. RIES, Die Symbiose der Läuse und Federlinge. Z. Morph. u. Ökol. Tiere **20**, 233—367 (1931). — H. SIKORA, Über die Mycetome der Läuse. Arch. Schiffs- u. Tropenhyg. **26** (1922).

Kurze Originalmitteilungen.

Unter Mitwirkung von MAX HARTMANN, MAX v. LAUE, CARL NEUBERG, ARTHUR ROSENHEIM und MAX VOLMER.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Der Herausgeber bittet, 1. im Manuskript der *kurzen Originalmitteilungen* oder in einem Begleitschreiben die Notwendigkeit einer raschen Veröffentlichung an dieser Stelle zu *begründen*, 2. die Mitteilungen auf einen Umfang von **höchstens einer Druckspalte** zu beschränken.

Über die Halbwertszeit des Protactiniums.

Die kurz nach der ersten Isolierung des Protactiniums ausgeführte Bestimmung seiner Halbwertszeit durch Aktivitätsvergleich von reinen Pa_2O_5 und U_3O_8 lieferte den Wert von etwa 20000 Jahren[1]. Dieser Wert wurde damals als vorläufig bezeichnet und bei seiner Bestimmung wurde die sog. „Reflexion" der β-Strahlen des Protactiniums an den Metallunterlagen nicht genügend berücksichtigt.

Als es nachträglich gelang, bei der I. G. Farbenindustrie (Werk Ludwigshafen a. Rh.) größere Mengen von Radiumrückständen technisch zu verarbeiten und aus den gewonnenen Konzentraten im Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie, Berlin-Dahlem, größere Mengen Pa_2O_5 herzustellen, die auf Grund chemischer und röntgenspektroskopischer Prüfung sicher rein waren, wurde unter anderem auch die α-Aktivität von 1 mg Pa_2O_5 mit der von 1 mg U_3O_8 in einem gewöhnlichen RUTHERFORDschen α-Elektroskop verglichen, wobei 1 mg Pa_2O_5 87000 mg U_3O_8 gleichkam. Daraus berechnet sich die Halbwertszeit des Protactiniums zu 32000 Jahren mit einer Genauigkeit von etwa 10%.

Gleichzeitig mit unserer ersten Halbwertszeitbestimmung, fanden HAHN und WALLING[2] auf einem anderen Wege, nämlich durch Bestimmung der Nachbildung von Protactinium in als radioaktiv rein angenommenen Uransalzen, den Wert 20000 Jahre ±10%.

Die Unstimmigkeit könnte entweder durch Fehler in der HAHN-WALLINGschen Bestimmung verursacht sein, oder, was an sich unwahrscheinlich war, durch das Vorhandensein eines inaktiven oder schwach aktiven Ekatantal-Isotops in unserem Präparat, welches zum Protactinium in einem analogen Verhältnis stehen müßte, wie das gewöhnliche Thorium zum Ionium, begründet sein. Da ein solches Isotop des Elements 91, falls es überhaupt in der Natur existieren sollte, nach seinen chemischen Eigenschaften am wahrscheinlichsten in komplizierteren Zirkonmineralien zu suchen wäre und auch Zirkonsalze bei unserer Herstellung des Protactiniums aus Radiumrückständen zugesetzt worden waren, wurden die drei folgenden Zirkonmineralien:

1. ein Eukolit (500 g) von Prof. V. M. GOLDSCHMIDT, Göttingen und

2. ein Eudyalith (1000 g) von Prof. O. B. BÖGGILD, Kopenhagen, freundlichst überlassen, und

3. ein Konzentrat (300 g) aus indischem Zirkonsand, das ich der Liebenswürdigkeit von Herrn Dir. Dr. J. D'ANS verdanke, in Gemeinschaft mit Dr. I. D. KURBATOW (im Technisch-Chemischen Institut der Technischen Hochschule, Berlin-Charlottenburg), auf Element 91 verarbeitet und das Endkonzentrat (etwa 3 mg), welches über 50% des vorhandenen Elements enthalten müßte, mit dem W. NODDACKschen Röntgenspektrographen in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt untersucht. Es konnte festgestellt werden, daß, falls solch ein Isotop existiert, es zu weniger als etwa 3.10^{-10} g pro 1 g ZrO_2 vorlag und dieses deshalb für die Erklärung der Unstimmigkeiten nicht in Betracht kommt. Es muß vielmehr angenommen werden, daß die HAHN-WALLINGschen Uransalze von vornherein mit Protactinium verunreinigt waren. Damit entbehrt auch die zweite Schlußfolgerung von HAHN und WALLING, nämlich die Nichtexistenz eines langlebigen Zwischenproduktes zwischen Uran und Protactinium einer sicheren experimentellen Grundlage.

Zur Zeit Department of Chemistry, University of Chicago, den 10. April 1932. ARISTID v. GROSSE.

[1] A. v. GROSSE, Ber. dtsch. chem. Ges. **61**, 242 (1928).

[2] O. HAHN, Sitzgsber. preuß. Akad. Wiss., Physik.-math. Kl. **33**, 275 (1927) — E. WALLING, Dissert. Univ. Berlin, 1928.

Bemerkungen zu obiger Mitteilung.

Auch ich halte den v. GROSSEschen Wert von 32000 Jahren für die Halbwertszeit des Protactiniums für wahrscheinlicher als den früher von Herrn WALLING im Verlaufe seiner Doktorarbeit bestimmten Wert von 20000 Jahren. Denn selbstverständlich ließ sich diese Bestimmung leichter durchführen, nachdem Herr v. GROSSE mehrere Milligramm spektroskopisch reinen Pa_2O_5 aus den dem Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie gehörigen Radiumrückständen bei der I. G. in Ludwigshafen hergestellt hatte, so daß ein direkter Aktivitätsvergleich mit dem Uran möglich war.

Herr WALLING mußte dagegen bei seinen Versuchen den mühsamen und schwierigen Weg gehen, die innerhalb relativ sehr kurzer Zeit im Uran nachgebildete minimale Pa-Menge quantitativ abzutrennen und zu bestimmen. Die von Herrn WALLING aus etwa je 500000 Uranaktivitätseinheiten radioaktiv rein abgetrennten Protactiniummengen betrugen je 11—12 Einheiten. Eine ursprüngliche Verunreinigung des für die Bestimmungen von mir vorbereiteten Urans von 4 Einheiten würde also bereits die Abweichung der WALLINGschen Bestimmung von der des Herrn v. GROSSE erklären. Bei der außerordentlich subtilen Untersuchung des Herrn WALLING eine erfreulich gute Übereinstimmung. (Für die Halbwertszeit des seit über 30 Jahre bekannten Actiniums schwanken noch heute die Angaben zwischen 13,5 und 20 Jahren!)

Die Abweichung des WALLINGschen Wertes von dem des Herrn v. GROSSE würde übrigens praktisch ganz verschwinden, wenn der von Herrn v. GROSSE selbst neuerdings angegebene Wert von 4% für das Abzweigungsverhältnis Protactinium : Uran richtig sein sollte, gegenüber dem der WALLINGschen Berechnung zugrunde gelegten Wert von 3%. Dann würde sich nämlich der WALLINGsche Wert für die Halbwertszeit des Protactiniums auf rund 27000 Jahre ± 10% erhöhen, gegenüber dem v. GROSSEschen von 32000 ± 10%.

Die Schlußfolgerung auf die Nichtexistenz eines langlebigen Zwischenproduktes zwischen Uran und Protactinium, die aus den WALLINGschen Mengen gezogen wurde, halten Herr WALLING und ich aufrecht.

Berlin-Dahlem, Juni 1932. OTTO HAHN.

Neue Messungen der Höhenstrahlung in größeren Höhen.

(Vorläufige Mitteilung.)

In größeren Höhen ist der Intensitätsverlauf der Höhenstrahlung, seitdem ihn KOLHÖRSTER[1] 1914 bis maximal 9300 m gemessen hatte, mit Freiballonen nicht wieder untersucht worden. Flugzeugaufstiege verschiedener Beobachter, darunter 1925 von BÜTTNER[2] bis maximal 6800 m, bestätigten diese Ergebnisse, so daß meßbare Änderungen der Höhenstrahlung seit 1914 nicht eingetreten sein dürften. KOLHÖRSTER wies bereits seit längerem auf ein besonderes Verhalten der Strahlung zwischen 6 und 7 km Höhe hin und berechnete neuerdings aus seinen Beobachtungen den Gang des Absorptionskoeffizienten mit der Höhe, der zunächst erst langsam anwächst, zwischen 6 und 7 km Höhe ein Maximum erreicht, um dann bis 9 km schnell wieder auf den Bodenwert abzufallen[3]. Dieses Verhalten der Strahlung war der Anlaß zu 2 Freiballonfahrten, bei denen eine Maximalhöhe von 8800 bzw. 8200 m erreicht wurde. Die erste Fahrt führte am 18. Februar 1932 mit Ostwind von Bitterfeld in die Gegend von Köln, die zweite am 19. März 1932 mit Nordwestwind über Böhmen in die Gegend von Wien.

Mittelt man die Ergebnisse beider Fahrten über je 1000 m Höhendifferenz, so ergibt sich gute Übereinstimmung mit den alten Werten von KOLHÖRSTER. Besonders beachtenswert sind die Einzelwerte beider Fahrten, welche über 6000 m Höhe stärkeren Schwankungen im Intensitätsverlauf aufweisen, die sich beim Auf- und Abstieg deckten und bisher nicht durch Instrumenten- oder Meßfehler erklärt werden können. Sie dürften daher reell sein.

Die Höhen der größten Intensitätsschwankungen fielen außerdem mit recht kräftigen Inversionsschichten zusammen.

Da ein Einfluß der Erdstrahlung in diesen Höhen nach unseren bisherigen Kenntnissen ausgeschlossen ist, könnten diese Schwankungen zunächst als Schwankungen der Luftstrahlung gedeutet werden. Bei der großen Anzahl meiner bisherigen Flugzeugmessungen bis 5500 m Höhe hat sich einwandfrei herausgestellt, daß der Einfluß der Luftstrahlung bis 5000 m Höhe sicher nachweisbar ist und erheblich größer sein muß, als bisher angenommen wurde. Besonders zeigte sich dieser Einfluß in Inversionsschichten, durch die darin wahrscheinlich angesammelten aktiven Substanzen, worauf KOLHÖRSTER[1] bereits 1913 hinwies. Wollte man demnach diese Intensitätsschwankungen über 5 km Höhe allein durch die Wirkung solcher aktiver Substanzen in den Inversionsschichten erklären, so müßte deren Gehalt als außerordentlich hoch angenommen werden. Ob dann diese hohen Konzentrationen allein von der Exhalation des Bodens herrühren, oder ob noch andere, bisher unbekannte Aktivitäten eine wesentliche Rolle dabei spielen, kann zunächst nicht mit Sicherheit entschieden werden. Eine Erklärung dieser Schwankungen durch besondere Eigenschaften der weichsten Komponenten der Höhenstrahlung dürfte demgegenüber zunächst weniger in Betracht kommen.

Berlin-Potsdam, Höhenstrahlungslaboratorium des Meteorologisch-Magnetischen Observatoriums, den 23. Mai 1932. G. A. SUCKSTORFF.

[1] W. KOLHÖRSTER, Verh. dtsch. physik. Ges. **16**, 719 (1914).
[2] K. BÜTTNER, Z. Geophysik **6**, 254 (1925).
[3] W. KOLHÖRSTER, Naturwiss. **19**, 574 (1931).

Ein Beitrag zum Kristall- und Sperrschichtphotoeffekt.

Unter diesem Titel veröffentlichen K. SCHARF und O. WEINBAUM[2] Untersuchungen der Struktur von Kupferoxydul-Photozellen. Sie finden an den untersuchten Zellen einen verschiedenen kristallinen Aufbau des Cu_2O, je nachdem, ob eine Vorder- oder Hinterwandzelle vorliegt. Anschließend an ihre Versuchsergebnisse stellen sie eine neue Theorie zur Diskussion, in der sie die von H. DEMBER[3] an Einkristallen gefundenen Beziehungen auf Sperrschichtphotozellen anwenden und die verschiedene Stromrichtung in den Zellen auf die unterschiedliche Kristallitlagerung zurückführen.

Den Unterzeichneten gelang es vor einiger Zeit, an ein und derselben Zelle gleichzeitig an verschiedenen Stellen, willkürlich und vorausbestimmt einen Vorder- und Hinterwandeffekt hervorzurufen. Diese Tatsache spricht dafür, daß die verschiedene Kristallitlagerung des Cu_2O allein nicht zur Erklärung der verschiedenen Stromrichtung bei Vorder- und Hinterwandeffekt ausreichen dürfte. Wir sind der Ansicht, daß außer dem von SCHARF und WEINBAUM aufgedeckten Einfluß der kristallinen Struktur auch andere Faktoren eine maßgebliche Rolle spielen dürften. Diese Ansicht wird gestützt durch eine von uns festgestellte Wellenlängenabhängigkeit der Stromrichtung, die Cu_2O-Zellen zeigen können. Wir werden unsere Ergebnisse demnächst an anderer Stelle ausführlich veröffentlichen.

Berlin, Institut für Strahlenforschung der Universität, den 3. Juni 1932. W. BULIAN, H. SCHREIBER.

[1] W. KOLHÖRSTER, Physik Z. **14**, 1153 (1913).
[2] Physik. Z. **33**, 336 (1932).
[3] Physik. Z. **32**, 554 (1931).

Besprechungen.

TOLDT, K., **Natürliche Färbungen bzw. Zeichnungen der Säugetierhaut.** Herausgegeben von der Reichszentrale für Pelztier- und Rauchwarenforschung Leipzig. Leipzig: Der Rauchwarenmarkt G. m. b. H. 1932.

TOLDT gibt hier eine Übersicht über seine langjährigen Untersuchungen der natürlichen Fellzeichnung bei den Pelz- und anderen Säugetieren, mit vielen Bildern, die sonst nur schwer zusammenzufinden sind und hier mit allgemeinverständlicher Besprechung eine schöne Übersicht über die Grundlagen der Färbung der Tierhäute darstellen. Die Färbung der Haut selbst, am besten an der frischen Haut zu sehen, zur weiteren Erforschung aber an getrockneten (nicht gegerbten) und aufgehellten Fellen, besteht in der Färbung der Epidermis und in der Färbung der Cutis. Das Verhältnis beider wechselt nach der Tierart und in dieser auch noch individuell und jahreszeitlich. Die epitheliale Färbung besteht aus den in das Epithelgefüge passenden gewöhnlichen pigmentierten eckigen Epidermiszellen und den verzweigten epithelialen Pigmentzellen, die, mit Ausläufern in die Cutis hinabreichend, früher von manchen Forschern als Bindegewebszellen angesehen wurden. Hinzu kommen die dunklen Stellen der

neuentstehenden Haare (Mauserhautfärbung); deren Wurzeln sind während des Wachstums schwärzlich und hellen sich wieder auf, wenn die Haare in das Kolbenstadium treten. Alle diese Farben, die vom Epithel ausgehen, liegen zwischen Hellgrau und Schwarz, im allgemeinen in den dunkleren Tönen und ganz besonders da, wo die Haare fehlen, in einem dunklen Grau. Die Nuancen sind bei den Säugetieren viel geringer als wir sie von der Haut der verschiedenen Menschenrassen kennen, die von fast Weiß bis fast Schwarz wechseln und auch an der einzelnen hellen Haut noch die verschiedensten Töne aufweisen. Sie sind in ihrem gleichmäßigeren Schwarz-Weißübergang auch nicht mit der Buntheit der Haarfärbung zu vergleichen. Die zweite Pigmentart der Haut ist das Pigment in der Cutis, das durch ungefärbte Epidermis vielfach blau durchscheint. Diese Art der Zeichnung ist besonders bei den Affen vorhanden, auch beim Menschen noch angedeutet (sog. Mongolenflecke). Ihre Ausbreitung unterscheidet sich sehr von der epithelialen Pigmentierung. Für diese beiden Pigmentierungsarten gibt TOLDT hier viele Beispiele mit Abbildungen. Viel wichtiger für die Verständlichmachung der tierischen Farben als diese beiden *direkten* Färbungsarten sind die Pigmentierungen der Haare in ihren verschiedenen Entwicklungsstadien während der Mauserung, die *indirekte* Hautfärbung. Die Farbe der Haare entsteht in ihrer Wurzel dicht über der Haarpapille; ist die Wurzel dunkel, dann bildet sie ein dunkles Haarstück, ist sie hell, dann bildet sie ein helles, und das wechselt ab, je nach der Färbung der Haare, die in Rasse und Art liegt. Sehr interessant ist die freilich zunächst rein hypothetische Darstellung der Streifenentstehung im Fell nach Ideen und schematischen Zeichnungen von J. v. SCHUMACHER: wie embryonale Längsstreifung des Rumpfes sich mit Längs- und Querstreifung der Extremitäten verbinden kann und ebenso wie Querstreifung des Rumpfes zur Quer- oder Längsstreifung der Arme und Beine führen mag. Die Entstehung der Mauserung ist recht gut an der Innenseite des Felles zu erkennen, und TOLDT gibt hierfür viele schematische und viele naturgetreue Bilder, aus denen diese schwervorstellbaren Vorgänge klar zu ersehen sind. Die durch die Mauserung entstandene Zeichnung stimmt sehr oft mit der wirklichen Zeichnung der behaarten Felle überein. Aber sie ist auch bei einfarbigen Tieren vorhanden. Das mausernde Fell ist nichts wert, es erscheint an der Unterseite schwarzfleckig, ist nicht haltbar. Die schwarzen Flecke, als Zeichen neuer Haarbildung, also Mauserung, können sehr unregelmäßig sein und sind dann oft die Folge von Verletzungen und Krankheiten. Sie sind aber oft sehr regelmäßig und charakteristisch und offenbar sogar bei demselben Tiere in verschiedenen Mauserungsjahren verschieden. TOLDT unterscheidet neben unregelmäßigem Verlauf der Mauserung im allgemeinen vom Kopf und vom Schwanz ausgehende Mauserung, die sich vor- und rückwärts ausbreitet; von der Rückenmittellinie ausgehende Mauserung, die an den Seiten abwärts läuft, und allgemeine, am ganzen Körper auf einmal auftretende Mauserung. F. PINKUS, Berlin.

JAWORSKI, E., **Bibliographia Palaentologica für die Jahre 1914—1926.** Leipzig: Max Weg 1931. X, 223 S. 15×23 cm. Preis RM 18.—.

Vom International Catalogue of Scientific Literature ist der letzte Band der Abteilung Paleontology November 1914 erschienen, November 1913 abgeschlossen. Seitdem ist zwar für einzelne Landstriche und über kurze Zeiträume paläontologische Literatur zusammengestellt worden, aber in der paläontologischen Gesamt-Bibliographie sind doch ziemliche Lücken entstanden, welche auch von den Referierblättern nicht ausgefüllt werden. JAWORSKI hat nun die Titel der seit 1914 in allen Kultursprachen gedruckten paläontologischen Arbeiten gesammelt. Die erste Lieferung seiner Bibliographie bringt ohne einleitende Worte, wie ja natürlich auch noch ohne Index, bereits 3321 Titel; sie betreffen: Allgemeine Paläontologie (Bibliographien, Fossilisation, Systematik und Nomenklatur, Korrelation und Chronologie, Paläobiologie mit zwei Anhängen: „Fazies" und „Die ältesten Fossilien", Paläozoogeographie und Paläophytogeographie, Paläoklimatologie, Phylogenie, Präparation mit den Untersuchungs- und Sammelmethoden, Sammlungen und Museen, Forschungsfortschritte und Expeditionsberichte, Regionale Paläontologie, Geschichte der Paläontologie); von spezieller Paläontologie sind einstweilen die Protozoa, Coelenterata, Echinodermata, Molluscoidea und Mollusca (noch außer Cephalopoda) behandelnden Schriften genannt. Das Werk wird erst durch weitere vier Lieferungen vollendet sein. Wir werden nach deren Erscheinen darauf zurückkommen.

TILLY EDINGER, Frankfurt a. M.

Oberrheinischer Fossilkatalog. Herausgegeben von WILHELM SALOMON-CALVI. Lieferung 1. Berlin: Gebr. Borntraeger 1931. X, 136 S. 16×25 cm. Subskriptionspreis RM 26.—, Einzelpreis RM 35.—.

Jedes einzelne Fossil kann für den Paläontologen einen so großen Wert haben, wie ihn sich Zoologen und Botaniker inmitten ihrer Fülle stets neu erzeugten Materials kaum vorstellen können. Besonders die Typen: Material, das zur Gründung neuer Arten Anlaß gab — oder überhaupt Stücke, deren besondere Eigenschaften einer Beschreibung und Abbildung wert waren — all die Belegstücke des Schrifttums bleiben ständig wichtige, nie veraltende Grundlagen der paläontologischen Erkenntnis. Darum soll nun ein „Oberrheinischer Fossilkatalog" alle je beschriebenen Versteinerungen aus den Gebieten um den Rhein, von Basel bis zum Hunsrück und Taunusrand, in erdperiodischen Gruppen zusammengestellt, nach dem System geordnet aufzählen mit Angabe der über sie erschienenen Literatur, ihrer Fundschicht, dem Fundort und dem jetzigen Aufbewahrungsort. Daß gerade der Oberrhein ein derartiges Unternehmen beginnt, ist in der Person des Inaugurators und Herausgebers, des Heidelberger Geologen, begründet; und es ist besonders berechtigt durch die Tatsache, daß dies Land uralter Kultur *geologisch* eine gewisse Einheit bildet, die geologische und paläontologische Literatur und ihre Belegstücke aber infolge der *politischen* Zersplitterung weit zerstreut, schwer auffindbar, zum Teil verschollen sind.

In den fünf Heften der ersten Lieferung sind schon ausfindig gemacht: *Die Wirbellosen und Wirbeltiere des Paläozoikums* (von MAX PFANNENSTIEL, 25 S.), *Wirbellose der Trias* (von WALTER SCHEFFEN, 22 S.), *Die Invertebraten der Juraformation* (von W. DEECKE, 41 S.! die Originale von sehr vielen bekannten Arten, die Typen einer stattlichen Reihe von Leitfossilien der Juraschichten stammen aus dem Oberrheingebiet), *Die Wirbeltiere der Trias und des Jura* (von MAX PFANNENSTIEL, 18 S.), *Die Pflanzen des Paläozoikums und des Mesozoikums* (von K. FRENTZEN, 30 S.). Fünf Hefte sind noch in Vorbereitung: Die Foraminiferen des Tertiärs (JÜNGST), Andere Wirbellose des Neozoikums (WENZ), Fische des Neozoikums (WEILER), Andere Wirbeltiere des Neozoikums (SCHMIDTGEN) und Pflanzen des Neozoikums (KRÄUSEL).

TILLY EDINGER, Frankfurt a. M.

Technische Mitteilungen.

Verbesserungen im Eisenbahnverkehr. Der immer stärker fühlbar werdende Wettbewerb des Kraftwagens hat die Eisenbahnverwaltungen der meisten Länder zu Fortschritten angeregt, durch die diesem Wettbewerb Einhalt geboten werden könnte. Von diesen Fortschritten seien im Nachstehenden vor allem solche betrachtet, die die eigentliche Beförderung, also nicht die Bauart der Lokomotiven und Wagen als solche betreffen.

Da die Überlegenheit des Kraftverkehrs gegenüber der Eisenbahn vor allem auf der Verkürzung der Reisedauer, gerechnet von der Abfahrts- bis zur Ankunftsstelle beruht, so leuchtet ohne weiteres ein, daß die Eisenbahnen bestrebt sein müssen, gerade in dieser Hinsicht den Kraftverkehr zu erreichen. Nun setzt sich die gesamte Reisedauer bei der Eisenbahn zusammen aus der Zeit, die der Weg zum Bahnhof erfordert, aus der eigentlichen Fahrtdauer und aus der Zeit für den Weg vom Bahnhof. Dabei sind schon die unvermeidlichen Wartezeiten und Versäumnisse, die das zweimalige Wechseln der Beförderungsart bedingt, unberücksichtigt geblieben. Ist die eigentliche Fahrt verhältnismäßig lang, so daß diese Nebenzeiten eine verhältnismäßig kleine Rolle spielen, so kann die Eisenbahn ihre Stellung gegenüber dem Kraftwagen schon verbessern, indem sie die Fahrgeschwindigkeit der Züge steigert. Dafür sind gerade bei der Eisenbahn die Voraussetzungen günstig, da sie über eine eigene Straße verfügt und die notwendige Förderleistung wegen des unverhältnismäßig kleinen Rollwiderstandes der Räder auf den glatten Stahlschienen wesentlich kleiner ist als beim Kraftwagen auf der Straße.

Allerdings hat gerade dieser niedrige Rollwiderstand der Eisenbahn auch wieder gewisse Nachteile, er vermindert nämlich die zulässige Verzögerung beim Bremsen und die zulässige Beschleunigung beim Anfahren, bedingt also in Verbindung mit der verhältnismäßig großen Masse des Eisenbahnzuges lange Anfahr- und Bremswege, die bei kleinem Abstand der Haltestellen das Erreichen hoher Durchschnittsgeschwindigkeiten verhindern. Ein weiteres Hindernis für schnelleres Anfahren bildet bei den zumeist üblichen Lokomotivzügen das ungünstige Verhältnis zwischen dem die Zugkraft erzeugenden Reibungsgewicht der Lokomotive und dem Gesamtgewicht des Zuges, das durch diese Kraft beschleunigt werden muß. Für das Bremsen ist dieser Nachteil nicht vorhanden, seitdem mittels der durchgehenden Saug- oder Druckluftbremsen alle Wagen eines Zuges verzögert werden können. Auch bei elektrischen Zügen, die aus mehreren gleichzeitig gesteuerten Triebwagen zusammengesetzt werden, z. B. auf der Berliner Stadtschnellbahn, ist schnelleres Anfahren möglich.

Die naheliegende Lösung für die Aufgabe, schnelleres Anfahren zu erzielen, bildet der Triebwagen, weil bei ihm das Verhältnis zwischen Zuggewicht und Antriebsleistung weit höher als bei einem Lokomotivzug bemessen werden kann. Diese Erkenntnis ist schon sehr alt; aber erst in den letzten Jahren haben sich größere Eisenbahnverwaltungen entschlossen, diese Fahrzeuge zur Verminderung ihrer Betriebskosten, weniger dagegen zur Beschleunigung ihres Verkehrs einzusetzen.

Auch bei der Deutschen Reichsbahn sind die Versuche mit Triebwagen neuerdings mit größerer Energie aufgenommen worden. Sie wurden zweifellos angeregt durch die Versuche mit dem mittels eines Flugzeugpropellers angetriebenen Triebwagen von Krukenberg, bei denen Höchstgeschwindigkeiten von 230 km in der Stunde mit verhältnismäßig geringem Leistungsaufwand erreicht werden konnten. Allein die Bauart dieses Propellertriebwagens hat vom Standpunkt der Sicherheit des Verkehrs noch große Bedenken, ganz abgesehen davon, daß ein Verkehr mit so hohen Geschwindigkeiten auf den vorhandenen Bahnlinien kaum verwirklicht werden könnte.

Dagegen hat die neuere Entwicklung der schnellaufenden Dieselmotoren von höherer Leistung bei der Firma Maybach Motorenbau, Friedrichshafen, die Möglichkeit geboten, die Gedanken zu verwirklichen, die der Deutschen Reichsbahn hinsichtlich der Weiterentwicklung des Triebwagens schon lange vorgeschwebt hatten. Im Frühjahr 1930 wurden daher drei Triebwagen mit Anhänger bestellt, die von je einem Zwölfzylinder-Dieselmotor von 410 PS angetrieben werden und für 90 km Stundengeschwindigkeit bestimmt sind. Die Antriebsleistung wird auf elektrischem Wege auf die Achsen übertragen. Jeder Wagen kann bei 22,13 m Gesamtlänge 80 Sitz- und 20 Stehplätze aufnehmen und wiegt ungefähr 50000 kg. Die Wagen sollen zur Beschleunigung des Verkehrs zwischen Frankfurt a. M. und Wiesbaden Verwendung finden.

Eine Weiterentwicklung dieser Bauart stellt der Plan der Deutschen Reichsbahn dar, auf der besonders günstigen, kurvenarmen Flachlandstrecke Berlin-Hamburg regelmäßig Schnelltriebwagen mit einer Höchstgeschwindigkeit von 150 km in der Stunde oder einer mittleren Reisegeschwindigkeit von 120 km in der Stunde verkehren zu lassen, wodurch gegenüber den bisherigen FD-Schnellzügen eine Verkürzung der Reisedauer um etwa 1 Stunde erzielt werden könnte. Für diesen Zweck sollen zwei kurzgekuppelte Diesel-Triebwagen von je 410 PS Motorleistung beschafft werden, die zusammen etwa 100 Sitzplätze enthalten und deren äußere Form aerodynamisch möglichst günstig gestaltet wird.

Die vorstehenden Angaben dürften schon genügen, um zu zeigen, daß das Problem des Triebwagens, auf dem Wege, den die Eisenbahn heute verfolgt, noch große Schwierigkeiten birgt. Bei einem derartigen Schnelltriebwagen, der etwa 100000 kg wiegt, ist z. B. die Frage der Bremsung auf einer ausreichend kurzen Strecke nicht ganz leicht zu lösen. Die Deutsche Reichsbahn hat in Aussicht genommen, die Erfahrungen des Automobilbaues auszunutzen und die neuen Triebwagenzüge mit besonderen an die Radscheiben angeschraubten Bremsscheiben zu versehen, gegen die Bremsbacken mit Juridbelag (einem asbesthaltigen Kunststoff) gepreßt werden.

Außerdem bedeutet aber eine Motorleistung von 820 PS einen unverhältnismäßig hohen Kraftaufwand, der sich in den Bau- und Betriebskosten ungünstig geltend machen muß. Unter diesen Umständen erscheint die erzielte Verkehrsbeschleunigung noch zu teuer erkauft. Es muß mit allen Mitteln versucht werden, die Gewichte der Triebwagen herabzusetzen, wodurch auch eine Verminderung der notwendigen Antriebsleistung erreicht werden kann. Versuche in dieser Richtung sind auch bei der Deutschen Reichsbahn seit längerer Zeit im Gange. Auf der Berliner Stadtbahn laufen zur Zeit Trieb- und Steuerwagen, bei denen Wände, Türen usw. aus Leichtmetall bestehen. Hierdurch konnten die Gewichte dieser Wagen von 45,5 bzw. 33,9 auf 35 bzw. 24—25 t vermindert werden. Allerdings lassen sich noch wesentlich größere Ersparnisse erzielen, wenn man darauf verzichtet, die

Fahrzeuge auch im regelmäßigen Lokomotivbetrieb verwenden zu können. Auf der Halberstadt-Blankenburger Bahn laufen z. B. zweiachsige Wagen, die nicht mehr als 10,3 t wiegen, und der Propellertriebwagen von KRUKENBERG wiegt auch nur 19,5 t.

Das Gesagte zeigt immerhin, daß der Eisenbahn gewisse Möglichkeiten zur Verfügung stehen, die Reisegeschwindigkeit erheblich über das bisherige Maß hinaus zu erhöhen. Haben wir bisher im wesentlichen die Personenbeförderung betrachtet, so leuchtet ohne weiteres ein, daß man ähnliche Mittel auch in der Güterbeförderung anwenden kann. Versuche mit leichten Güterzügen und mit Triebwagen für reine Güterbeförderung sind auch bereits an verschiedenen Stellen im Gange.

Mit der Erhöhung der Reisegeschwindigkeit auf dem Schienenweg werden aber die Probleme, die das Aufkommen des Kraftwagenverkehrs für die Eisenbahn geschaffen hat, noch nicht restlos gelöst; denn auch dann bereitet der Kraftwagen der Eisenbahn empfindlichen Wettbewerb, solange Anfahrt zum Bahnhof und Abbeförderung vom Bahnhof bei der Gesamtdauer der Reise eine wesentliche Rolle spielen. Der Notwendigkeit, auf diesem Teil der Beförderung mit dem Kraftwagen zusammenzuarbeiten, kann also die Eisenbahn nicht entgehen, auch wenn sie den auf sie entfallenden Teil der Beförderung noch so gut löst.

Diese Erkenntnis, die in gleichem Maß auf den Personen- wie auf den Güterverkehr zutrifft, hat amerikanische Eisenbahngesellschaften schon lange veranlaßt, mit Kraftomnibus- oder Lastkraftwagenunternehmern planmäßig zusammenzuarbeiten, in der Weise, daß die Eisenbahn die Beförderung auf dem kombinierten Automobil-Eisenbahn-Automobilwege, also von Haus zu Haus, nach feststehenden Fahrplänen und Tarifen übernimmt. Es bleibt dann nur noch die Schwierigkeit des zweimaligen Umladens bestehen, die man im Personenverkehr vermindern kann, indem man das Umsteigen für die Fahrgäste möglichst bequem macht (z. B. fahren in England und Amerika die Omnibusse im Bahnhof neben dem ankommenden oder abfahrenden Zug auf). Für die Erleichterung des Umladens im Güterverkehr bietet die Verwendung von Behältern, die sich mittels des Krans schnell vom Eisenbahn- auf den Kraftwagen umsetzen lassen, ein bekanntes und im Ausland bereits vielfach benutztes Hilfsmittel.

Ergibt so das Vorstehende bereits zwanglos die Richtlinien, nach denen eine Zusammenarbeit zwischen Eisenbahn und Kraftwagen zum Nutzen des Verkehrsbenutzers entwickelt werden muß, so erkennt man ohne weiteres, daß die Befreiung der Eisenbahn von dem sie bedrohenden Wettbewerb des Kraftwagens nicht so sehr von Verbesserungen ihres eigenen Betriebes als von der Pflege des Zusammenschlusses mit dem Kraftverkehr erwartet werden kann. Alle Verbesserungen der Eisenbahnbeförderung, insbesondere aber die Steigerung der Reisegeschwindigkeit, erfordern große Mittel für neue Fahrzeuge und Verbesserung der Bahnkörper, also Erhöhungen der Anlagewerte. Ob es überhaupt angebracht ist, die in Eisenbahnen angelegten Mittel zu erhöhen, scheint aber, ganz abgesehen von der heutigen Geldlage, zweifelhaft, da zum mindesten nicht in Abrede gestellt werden kann, daß die Eisenbahn heute technisch nicht mehr so an der Spitze der Verkehrsmittel steht wie zu der Zeit des ersten Ausbaues der Eisenbahnanlagen.

Jedenfalls scheint es heute aussichtsvoller, wenn überhaupt, neue Mittel auf das Erleichtern des Zusammenwirkens von Eisenbahn- und Kraftverkehr zu wenden. Von dieser Einsicht scheint man namentlich auch bei uns noch ziemlich weit entfernt.

Die Gasturbine. Einer der Lieblingsgedanken technischer Erfinder ist die Gasturbine, d. h. eine Kraftmaschine mit unmittelbarer Verbrennung, die im Gegensatz zu den heutigen Verbrennungsmotoren, z. B. dem Automobilmotor, keine Kolbenmaschine, sondern eine Turbine ist. Es gibt aber auch manchen ernsthaften Ingenieur, der in der Entwicklung des heutigen Verbrennungsmotors zu einer rein kreisenden Kraftmaschine ohne Kolben und Kurbelgetriebe die zunächst zu erstrebende Stufe im Kraftmaschinenbau erblickt, die die Verbrennungsmaschine z. B. von ihrer heutigen Beschränkung auf verhältnismäßig niedrige Drehzahlen zu befreien vermöchte.

Selten aber hat sich eine zunächst leicht scheinende Aufgabe so voll von Problemen schwierigster Art erwiesen, wie gerade die Entwicklung der Gasturbine. Tatsächlich scheint es beim ersten Überlegen außerordentlich leicht, ein Turbinenrad in dem Strom heißer Gase anzuordnen, die z. B. durch Verbrennen von gleichmäßig zugeführtem Brennstoff in einer Kammer erzeugt und durch eine Düse abgelassen werden. Allein schon die ersten Versuche dieser Art, die schon vor etwa 30 Jahren angestellt wurden, zeigten folgende Schwierigkeiten: Eine Verbrennungskammer der beschriebenen Art wird wegen der hohen Verbrennungstemperatur in ganz kurzer Zeit weißglühend und praktisch unbrauchbar, wenn man sie nicht kräftig kühlt. Durch die Kühlung geht aber ein verhältnismäßig großer Teil der Wärme verloren, die bei der Verbrennung des Brennstoffs frei wird, was den thermischen Wirkungsgrad der Kraftmaschine vermindert.

Hohe Temperaturen der aus der Kammer austretenden Gase sind der Düse, die man allenfalls noch kühlen kann, namentlich aber den Schaufeln der Turbine gefährlich. Schon bei den heutigen Dampfturbinen befindet man sich bei hohen Anfangsdrücken recht nahe an der Grenze, die die Rücksicht auf die Festigkeit der Schaufeln vorschreibt. Um wieviel näher tritt daher diese Gefahr, wenn man berücksichtigt, daß bei der Verbrennung in einem Automobil- oder Dieselmotor Höchsttemperaturen von 2000° auftreten können. Versucht man aber, dieser Schwierigkeit dadurch zu begegnen, daß man keine so hohen Verdichtungen anwendet wie in den heutigen Kolben-Verbrennungsmotoren, so muß man von vornherein mit geringerem thermischen Wirkungsgrad, also geringerer Ausbeute an Leistung aus der Einheit des verbrauchten Brennstoffs rechnen.

Man kann sagen, daß alle Vorschläge, die in den letzten 20 Jahren auf dem Gebiete der Gasturbinen gemacht und patentiert wurden, letzten Endes darauf abzielen, die geschilderten Schwierigkeiten in der einen oder anderen Art zu umgehen. Am nächsten liegt natürlich der Gedanke, das zum Kühlen der Verbrennungskammer unentbehrliche Wasser mit der aus dem Gasturbinenprozeß abgezweigten Wärme zu verdampfen und diesen Dampf selbst ebenfalls in einer Dampfturbine zur Krafterzeugung zu verwerten. Aber auch in dieser Form bietet das Problem noch so viele Hindernisse, daß es noch nicht gelungen ist, eine solche Gasturbine zu verwirklichen.

Vor etwa 20 Jahren schien es, als sei es HOLZWARTH gelungen, eine praktisch verwendbare Form für die Gasturbine zu finden. Sein Gedanke war, statt einer einzelnen Verbrennungskammer viele Verbrennungskammern zu verwenden, die im Kreis vor einem Turbinenrad angeordnet sind und in regelmäßiger Aufeinanderfolge Ströme von heißem Gas gegen die Schau-

feln des Turbinenrades ausstoßen. Der Vorteil dieser Anordnung besteht u. a. darin, daß die einzelne Kammer klein bemessen werden und eine entsprechend kleine brennbare Ladung erhalten kann, daß sie ferner längere Zeit auskühlen kann, bevor sie wieder zu arbeiten hat, kurzum, daß die Kammern sich nicht so leicht überhitzen können, wie wenn man eine kontinuierlich arbeitende Kammer verwenden müßte.

Die Versuche mit dieser Gasturbine sind aber, nachdem die ersten Ergebnisse aussichtsreich geschienen hatten, schon vor dem Weltkrieg abgebrochen worden. Im Jahre 1928 hat jedoch die Firma Brown, Boveri & Cie, Baden, Schweiz, die Arbeiten wieder aufgenommen, nachdem, wie erzählt wird, von amerikanischer Seite größere Geldmittel zur Verfügung gestellt worden waren. Nach einigen Vorversuchen wurde mit dem Bau einer Betriebsanlage begonnen, deren Fertigstellung zu Anfang dieses Jahres in Aussicht stand.

Über nähere Einzelheiten der neuen Anlage ist nichts bekannt geworden. Es ist aber bemerkenswert, daß schon nach den ersten Vorversuchen der Gedanke einer Verbindung von Gas- und Dampfturbine immer deutlicher in die Erscheinung getreten ist, d. h. einer Kraftanlage, in der Dampf sowohl wie Verbrennungsgase in Turbinenrädern nutzbare Arbeit liefern. Während aber bisher diese Verbindung stets in der Form gedacht war, daß die Dampfturbine nur einen verhältnismäßig kleinen Teil der gesamten frei gemachten Verbrennungswärme ausnützen, also sozusagen den Abwärmeteil der Anlage bilden sollte, wird neuerdings vorgeschlagen, das Hauptgewicht auf den Arbeitsprozeß der Dampfturbine zu legen, also den größeren Teil der Verbrennungswärme zur Verdampfung von Wasser zu verwerten und nur die Restwärme mit den Verbrennungsgasen in der Gasturbine zu verwerten.

Diese Vorschläge, die gleichfalls von der A.-G. Brown, Boveri & Cie herrühren und bereits zu einigen Versuchen Anlaß gegeben haben, gründen sich auf die Erkenntnis, daß es nach den neueren Forschungen möglich ist, durch Steigerung der Geschwindigkeiten die Wärme eines Gasstromes viel schneller auf Wasser zu übertragen, als man bisher geglaubt hat. Während man bisher in den Rauchzügen von Dampfkesseln sehr niedrige Gasgeschwindigkeiten, etwa 15 m in der Sekunde, verwendet hat, weil man die Verluste an Wärme in den aus dem Schornstein abziehenden Gasen möglichst vermindern wollte, will man jetzt Geschwindigkeiten von 200—400 m in der Sekunde anwenden, da man die Abgase noch in einer Gasturbine ausnutzen kann.

Wie sich diese Vorschläge auf die zukünftige Gestaltung von Kraftwerken auswirken werden, läßt sich heute noch kaum vollständig übersehen. Schon jetzt leuchtet aber ein, daß bei einer derart ausgebildeten Kraftanlage das übliche Kesselhaus vollständig verschwindet; die Dampferzeugung erfolgt auf völlig zwangläufigem Wege in Maschinen, die so wenig Platz einnehmen, daß sie neben den Dampfturbinen aufgestellt werden können. Nach den vorliegenden Berechnungen könnte man nämlich in 1 cbm Inhalt der Verbrennungskammer bei einem Ladedruck von 2 bis 2,5 kg/qcm durch Verbrennen von Masut so viel Wärme erzeugen, wie für 1000 kW Leistung der Dampfturbine notwendig ist. Tatsächlich wurden bei Versuchen mit einem Ladedruck von 2,4 kg/qcm sogar 1500 kW Leistung erzielt. Abgesehen von dem geringen Raumbedarf der Verbrennungskammer bedingt auch die Unterbringung der Heizfläche und die Führung der Verbrennungsgase nur wenig Raum, da man bei den hohen Gasgeschwindigkeiten auf 1 qm bis zu 300000 kcal stündlich übertragen kann, was einer stündlichen Verdampfung von 300 kg Wasser auf 1 qm Heizfläche entspricht; noch wesentlicher ist die Raumersparnis für die Rauchgaszüge, da man für 1000 kW Leistung nur etwa 150 qcm Rauchgasquerschnitt braucht.

Der Arbeitsgang in einer solchen Kraftanlage ist so gedacht, daß die fortlaufend oder absatzweise in der Kammer verbrannten Gemische von Brennstoff und Luft mittels eines Verdichters zugeführt werden, den die Gasturbine antreibt. Die Anlage kann somit im Gleichdruckverfahren arbeiten, das sich für Rohöl oder Kohlenstaub eignet, oder im Verpuffungsverfahren, wobei man Hochofen-, Leuchtgas, leichte Dieselöle oder Braunkohlenstaub verwenden kann. In jedem Fall geht der Hauptanteil der Wärme über Verdampfrohre aus Kupfer an das Wasser über, das mittels einer Pumpe ständig zugeführt wird und hinter der Gasturbine von den verbrannten Gasen noch vorgewärmt werden kann. Die Gasturbine wird in den Wärmekreislauf an einer solchen Stelle eingeschaltet, daß sie die für den Verdichter notwendige Arbeit entwickeln kann.

Es läßt sich nicht leugnen, daß diese Vorschläge bei dem heutigen Stande der Technik große Aussicht auf Verwirklichung haben, weil man dabei die Hauptschwierigkeit der Gasturbine, das Beaufschlagen der Turbinenschaufeln mit sehr hoch erhitzten Gasen, umgehen kann. Daß der Betrieb von Gasturbinen mit Gasen von niedrigerer Temperatur, wie sie z. B. aus Motoren auspuffen, möglich ist, haben die Erfahrungen mit Auspuffgasturbinen bei Flugmotoren oder Dieselmotoren auf Schiffen zur Genüge erwiesen.

Unbefriedigend bleibt diese Lösung allerdings insofern, als sie der Gasturbine die Rolle eines Anhängsels der Dampfkraftanlage zuweist, also keine Aussicht bietet, den thermodynamischen Vorteil auszunutzen, den die Verbrennungskraftmaschine gegenüber der Dampfkraftmaschine bietet. Man entfernt sich so gewissermaßen wieder von dem Ziel, das heute der Kraftmaschinentechnik vorschwebt. Andererseits darf man nicht vergessen, daß jeder große Fortschritt der Technik in Stufen erreicht worden ist, die sich nicht immer ganz folgerichtig aneinandergereiht haben. Und es ist daher nicht ausgeschlossen, daß praktische Erfahrungen an Anlagen der beschriebenen Art, namentlich auf dem Gebiete der Druckverbrennung in Kammern, neue Fortschritte ermöglichen, die wieder die wirkliche Gasturbine ihrer Vollendung näher bringen.

Erfreulich bleibt es, daß trotz der Schwere der Zeit die Geister tätig bleiben, um die gerade heute so stark angefeindete Technik vorwärtszubringen. H.

Berichtigung: *Geophysikalische Stereogramme.* Der freundlichen Besprechung meiner Arbeit durch Herrn A. Prey in H. 19, S. 336 dieses Jahrgangs ist eine Wiedergabe des Stereogramms der Erdkugel beigegeben, die gegenüber dem Original im Verhältnis 3 : 2 vergrößert ist und deshalb leider nicht mit gewöhnlichen Stereoskopen betrachtet werden kann. Wie mir Herr Prof. M. von Rohr mitteilt, wird er seiner Besprechung in der Z. ophthalm. Opt. **20**, H. 3 (1932) vier Stereogramme beigeben, darunter dasjenige der Erdkugel, so daß das Bild an dieser Stelle wohl nicht erneut abgedruckt zu werden braucht. J. Bartels.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.